

Vysoká škola báňská
Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní

Technická diagnostika vývěv v praxi
Technical Diagnostics of Vacuum Pumps in Practice

Student:	Bc. Stanislav Přikryl
Vedoucí diplomové práce:	Ing. Jan Blata, Ph.D.

Ostrava 2014

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Stanislav Přikryl**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství

Specializace: 72 Technická diagnostika, opravy a udržování

Téma: **Technická diagnostika vývěv v praxi**
Technical Diagnostics of Vacuum Pumps in Practice

Zásady pro vypracování:

V rámci diplomové práce se zabývejte možnostmi diagnostických měření na vakuových vývěvách, proveďte volbu vhodných měřících míst, proveďte potřebná provozní měření a proveďte jejich vyhodnocení. Zabývejte se problematikou tvorby vakua, konstrukcí vakuových pump apod. Proveďte patřičná vyhodnocení použitých metod a postupů, analyzujte dosažené výsledky.

V rámci zadání zpracujte:

1. Rešerši a analýzu dané problematiky.
2. Ideově technický návrh řešení dané problematiky.
3. Zpracujte aplikaci na daný objekt.
4. Proveďte potřebná měření.
5. Proveďte konkrétní provozní vyhodnocení.

Podrobnější specifikaci zadání nebo jeho úpravy provede vedoucí práce.

Seznam doporučené odborné literatury:

JENČÍK, J. – VOLF, J. A KOL.: *Technická měření*. ČVUT v Praze 2003, 212 s., ISBN 80-01-02138-6

HELEBRANT, F. – ZIEGLER, J.: *Technická diagnostika a spolehlivost II – Vibrodiagnostika*. VŠB – TU Ostrava, Ostrava 2004, 1. vydání, 178 s., ISBN 80 – 248 – 0650 – 9.

HELEBRANT, F., ZIEGLER, J., MARASOVÁ, D. *Technická diagnostika a spolehlivost I - Tribodiagnostika*. 1. vydání, Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2001, 158 s. ISBN 80-7078-883-6.

ŠAFR, E. *Technika mazání*. 2. dopl. vydání, SNTL Praha - Nakladatelství technické literatury, Praha, 1970. 381 s. ISBN 04-010-70

KOPÁČEK, J. *Technická diagnostika hydraulických mechanismů*. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1990. 159 s. ISBN 80-03-00308-3.

TŮMA, J.: *Zpracování signálů získaných z mechanických systémů užitím FFT*. Sdělovací technika Praha 1997, 174 s., ISBN 80-901936-1-7.

Podkladové materiály - ADASH s.r.o., Brüel Kjaer, SKF Ložiska a.s.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jan Blata, Ph.D.**

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Poděkování:

Rád bych poděkoval společnosti ESOS Ostrava s.r.o., díky které mohla tato diplomová práce vzniknout, zejména panu Bc. Jaroslavu Fierlovi a panu Radomíru Kruzovi, za jejich ochotu a čas, který mi věnovali. V neposlední řadě bych také rád poděkoval vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Janu Blatovi, Ph.D.

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.


V Ostravě 19. 5. 2014

.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 - školní dílo.
- беру на вѣдомі, же Высoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, же оdevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby.

V Ostravě: 19. 5. 2014

Podpis: 

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Stanislav Přikryl

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Noviči 43, 679 61 Letovice

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

PŘIKRYL, S. Technická diagnostika vývěv v praxi. Ostrava: Katedra výrobních strojů a konstruování, Fakulta strojní VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2014, 61 s. Diplomová práce, vedoucí Blata, J.

Diplomová práce se zabývá technickou diagnostikou lamelových suchých vývěv a dmychadel s bočním kanálem. Úvodní kapitoly práce popisují princip činnosti a věnují se rozboru konstrukce těchto zařízení. Další kapitoly práce se zabývají údržbou a technickou diagnostikou aplikovanou na vývěvách a dmychadlech. Přestože se stav zjištěný pomocí metod technické diagnostiky jevil jako setrvalý, občas docházelo k náhlým haváriím. Pro odhalení příčin těchto havárií byla provedena analýza zhavarované vývěvy a dmyhadla.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

PŘIKRYL, S. Technical Diagnostics of Vacuum Pumps in Practice. Ostrava: Department of Production Machines and Design, Faculty of Mechanical Engineering VŠB-Technical University of Ostrava, 2014, 61 p. The master thesis, head Blata, J.

This thesis deals with technical diagnostics dry vane vacuum pumps and side channel blowers. Initial chapters describe the principles of operation and dedicated to the analysis of the construction of these facilities. Other chapters deal with maintenance work and technical diagnostics applied to vacuum pumps and blowers. Although the condition detected by the methods of technical diagnostics seemed steady, sometimes there were sudden accidents. To reveal the causes of these accidents were analyzed broken pumps and blowers.

Obsah

Seznam použitých symbolů a zkratk	9
Úvod	10
1 Ofsetový tisk	11
1.1 Princip ofsetového tisku	11
1.2 Výhody a použití ofsetového tisku	12
1.3 Tiskový stroj Rapida 142	13
2 Vývěvy a dmychadla	16
2.1 Lamelové suché vývěvy Becker	16
2.1.1 Princip činnosti	16
2.1.2 Konstrukce	17
2.2 Rotační vývěvy/dmychadla s bočním kanálem Rietschle	19
2.2.1 Princip činnosti	19
2.2.2 Konstrukce	20
3 Údržba vývěv a dmychadel	21
3.1 Současný stav údržby	21
3.2 Vhodný systém údržby	21
3.2.1 Údržba lamelových suchých vývěv	21
3.2.2 Údržba dmychadel s bočním kanálem	23
4 Technická diagnostika	27
4.1 Rozdělení technické diagnostiky	27
4.1.1 Vibrodiagnostika	29
4.2 Současný stav technické diagnostiky	30
4.2.1 ESOS Ostrava	30
4.2.2 Používaná technologie měření Rockwell Automation	31
4.2.3 Měřicí místa lamelové vývěvy	32
4.2.4 Měřicí místa vývěvy/dmychadla s bočním kanálem	33
4.3 Zhavarované vývěvy	35
4.3.1 Analýza stavu dmychadla č.38	35
4.4 On-line monitorovací systém	42
4.4.1 Snímač FAG SMART CHECK	42
4.4.2 Zapojení on-line snímače FAG SMART CHECK	45
4.5 Vyhodnocení měření vývěvy č.29	46
4.6 Měření teploty vývěvy č.29	57
5 Závěr	59
Použitá literatura	60

Seznam použitých symbolů a zkratek

Zkratka-veličina	Význam	Jednotka
UV	Ultrafialové	[-]
IR	Infračervené	[-]
BPFI	Poruchová frekvence vnitřního kroužku	[Hz]
BPFO	Poruchová frekvence vnějšího kroužku	[Hz]
BSF	Poruchová frekvence valivých elementů	[Hz]
FTF	Poruchová frekvence klece	[Hz]
BPF	Frekvence od průchodu lopatek	[Hz]
FFT	Rychlá Fourierova transformace	[-]
RPM	Otáčky hřídele	[min ⁻¹]
RMS	Efektivní hodnota vibrací	[-]
A/D	Analog/Digital	[-]

Úvod

Použití vakua v průmyslu je dnes velmi rozšířené, proniklo téměř do všech odvětví a je nezbytným prvkem různých výrobních procesů. Využití nachází také u tiskařských strojů pro ofsetový tisk, kde je pomocí vakua podáván papír ze zásobníku do stroje, ten dále putuje po vzduchovém polštáři celým strojem. Pro správnou funkčnost celého tiskového stroje je důležité, aby všechny části stroje fungovaly správně, proto se na jednotlivá zařízení aplikují metody technické diagnostiky, které mají za úkol sledovat skutečný technický stav zařízení a napomáhají včas rozhodnout o nutnosti a rozsahu opravy.

V této diplomové práci se budu zabývat technickou diagnostikou lamelových suchých vývěv a dmychadel s bočním kanálem, které jsou použity u tiskařských strojů.

Úvod práce je věnován základním principům ofsetového tisku a seznámení s tiskovým strojem Rapida 142, u kterého jsou použity vývěvy a dmychadla, jimž se budu v této práci věnovat. Objasním základní princip funkce a rozeberu konstrukci jak vývěv, tak dmychadel. Popíšu údržbu, která na těchto zařízeních probíhá, a případně navrhu možná zlepšení. Budu se věnovat současnému stavu technické diagnostiky, a pokusím se objasnit příčinu havárií, ke kterým na těchto zařízeních dochází.

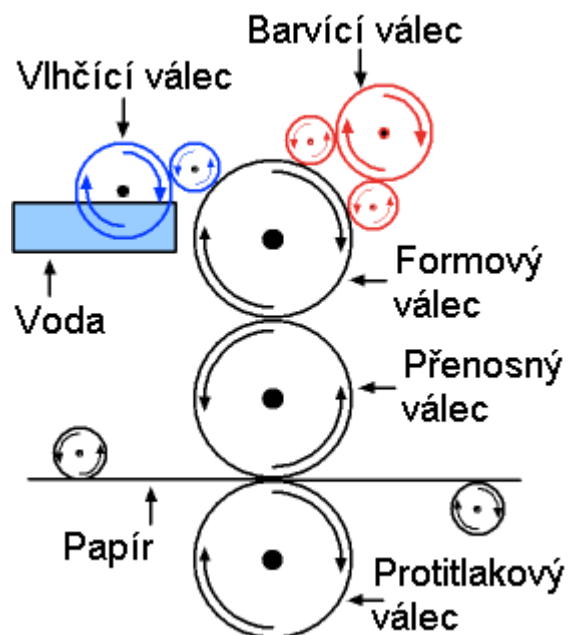
1 Ofsetový tisk

Technologie ofsetového tisku je stará již více jak sto let, přitom je v současné době nejčastěji používanou průmyslovou tiskařskou technikou. Princip této techniky je založen na postupném nanášení tekutých barev. Barevný obraz je rozdělen na tzv. desky, každá deska přenáší na papír jednu barevnou součást obrazu. Při tisku prochází papír soustavou válců a tiskne se postupně jedna barevná vrstva za druhou. Nejčastěji se barevný obraz skládá ze čtyř desek, které zastupují nejrozšířenější škálu barev černá - modrá - červená - žlutá.

1.1 Princip ofsetového tisku

Ofsetový tisk patří do kategorie tisku z plochy, tisknouce a netisknouce plochy jsou ve stejné výškové úrovni. Princip tisku je založen na různých fyzikálně-chemických vlastnostech. Rozlišujeme dva typy ofsetového tisku klasický vlhčený, nebo suchý bezvodý. U klasického vlhčeného ofsetu jsou netisknouce místa smáčena vodou, nebo vodným roztokem a na tisknouce místa je nanášena mastná tiskařská barva, která se s vodou odpuzuje. Pod pojmem suchý bezvodý ofset se skrývá technologie, která pracuje bez přítomnosti vody. Voda je zde nahrazena různými materiálovými vlastnostmi povrchu tiskařské formy. Krycí vrstva tiskařské formy je tvořena silikonovou a polymerovou vrstvou. Silikonová vrstva tvoří netisknouce místa, tiskařskou barvu odpuzuje, nepřijímá. Polymerová vrstva barvu přijímá a tvoří tisknouce místa. V místech, která mají být vytištěna je vrchní silikonová vrstva odstraněna, nejčastěji laserem a tím je odhalena spodní polymerová vrstva. Je nutné použití jiných barev, než u klasického vlhčeného ofsetu. [3]

Ofset je nepřímá tiskařská technika, barva je nejprve přenášena z tiskové formy na pryží potažený přenosový válec a z něj teprve na papír. Barva je tedy přenášena dvakrát a předloha na tiskové formě není stranově převrácená. Díky pryžovému válci je umožněn tisk velmi jemných detailů i na velmi nekvalitní papír.



Obr.1-1 Schéma ofsetového tisku. [4]

1.2 Výhody a použití ofsetového tisku

Díky přenosu barvy přes pryží potažený válec je dosahováno tisku velmi jemných detailů i na nekvalitní papír, tím je zajištěna prvotřídní kvalita tisku. Výhodou ofsetového tisku je barevná věrnost návrhu a konečného výsledku, která je takřka stoprocentní. Další výhodou je cena, ta je při vysoko nákladovém tisku velmi příznivá.

Ofsetový tisk se používá k tisku např.:

- Letáků
- Plakátů
- Etiket
- Samolepek
- Časopisů
- Novin
- Knih
- Obalových materiálů aj.

1.3 Tiskový stroj Rapida 142

Archový ofsetový tiskový stroj Rapida 142 je špičkovým výrobkem německého polygrafického strojírenství. Výrobcem je firma Koenig & Bauer AG, která patří k největším světovým výrobcům tiskových strojů. Rapida 142 je určena k potisku archů velkého formátu až do velikosti B0. Tiskové stroje Rapida jsou vyráběny v různých konfiguracích (např. s různým počtem tiskových jednotek) a jsou dodávány se specifickým příslušenstvím podle požadavků každého zákazníka. [5]

V tiskařském podniku, s kterým jsem při tvorbě této práce spolupracoval, mají dva šestibarvé stroje Rapida 142 s lakováním. Konfigurace obou strojů je v podstatě stejná, největším rozdílem mezi těmito stroji je, že novější stroj umožňuje tisk hybridními barvami. Tiskové jednotky stroje jsou vybaveny univerzálními potahy, díky kterým je možné použití disperzních, hybridních i UV barev, které vytvrzují pomocí ultrafialového záření. [5]

Na začátku tiskového stroje se nachází robustní nakladač, který pojme stoh materiálu o výšce až 1,5 metru. Materiál je odebírán z nakladače pomocí podtlakových podavačů a dále putuje po vzduchovém polštáři celým strojem. Prochází přes tiskové věže, ve kterých se nanáší jednotlivé barvy. Každá tisková věž je vybavena šestnáctiválečkovým barevníkem s barevnicemi Colortronic a filmovým tříválečkovým vlhčením Varidamp. Dále následuje lakovací věž a vykladač s IR (infračerveným) a horkovzdušným sušením. V dráze vykladače jsou umístěny tři zářiče pro UV vytvrzování. V tiskařském podniku jsou obě Rapidy 142 v provedení pro potisk obalových materiálů. Umožňují tisknout na archy tloušťky až 1,2 milimetru. [5]

Rozměry tiskového stroje Rapida 142

- Délka 16 m
- Šířka 4,5 m
- Výška 3 m

Parametry tiskových strojů Rapida 142

Maximální formát archu	1 020 x 1 420 mm
Minimální formát archu	600 x 720 mm
Maximální tisková plocha	1 010 x 1 420 mm
Maximální tisková rychlost	14 000 (15 000) archů/hod.
Tloušťka potiskovaného materiálu	0,06–1,2 mm
Maximální výška stohu v non-stop nakladači	1 500 mm
Maximální výška stohu v non-stop vykladači	1 500 mm

Tab.1-1 Parametry tiskového stroje Rapida. 142 [5]

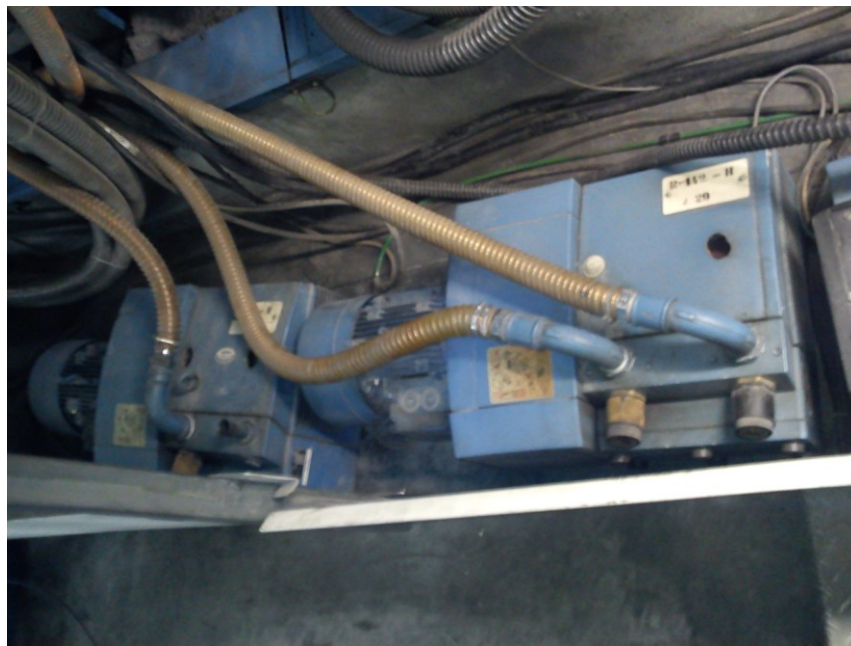


Obr.1-2 Tiskový stroj Rapida 142.

U tiskového stroje Rapida 142 jsou použity:

- Lamelové suché vývěvy Obr.1-3
- Dmychadla/vývěvy s bočním kanálem Obr.1-4

Celkem je použito 13 těchto zařízení na jeden tiskový stroj.



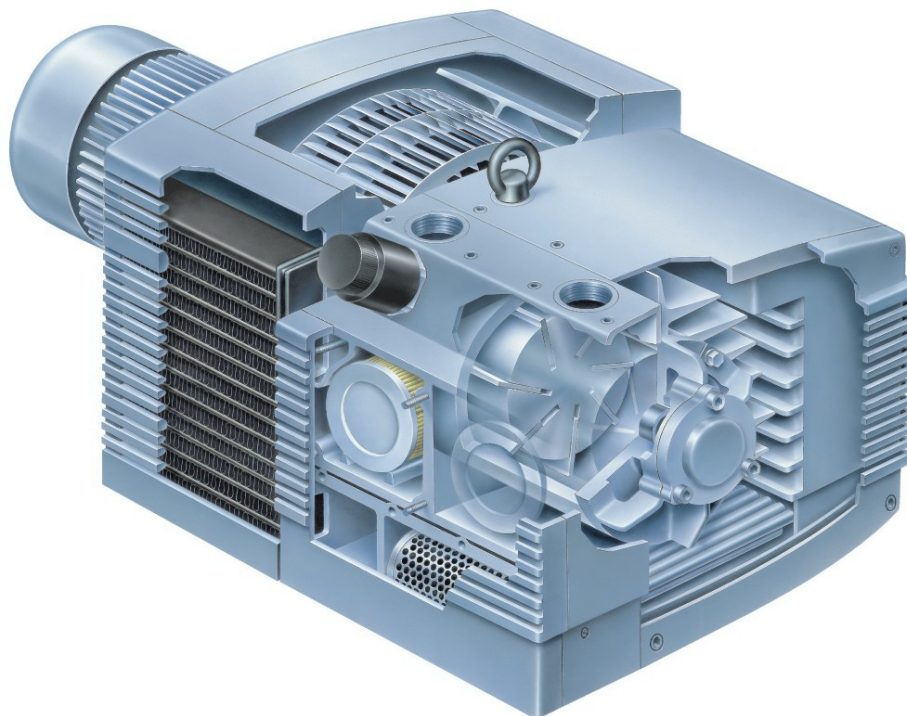
Obr.1-3 Lamelové suché vývěvy.



Obr.1-4 Dmychadla s bočním kanálem.

2 Vývěvy a dmychadla

2.1 Lamelové suché vývěvy Becker

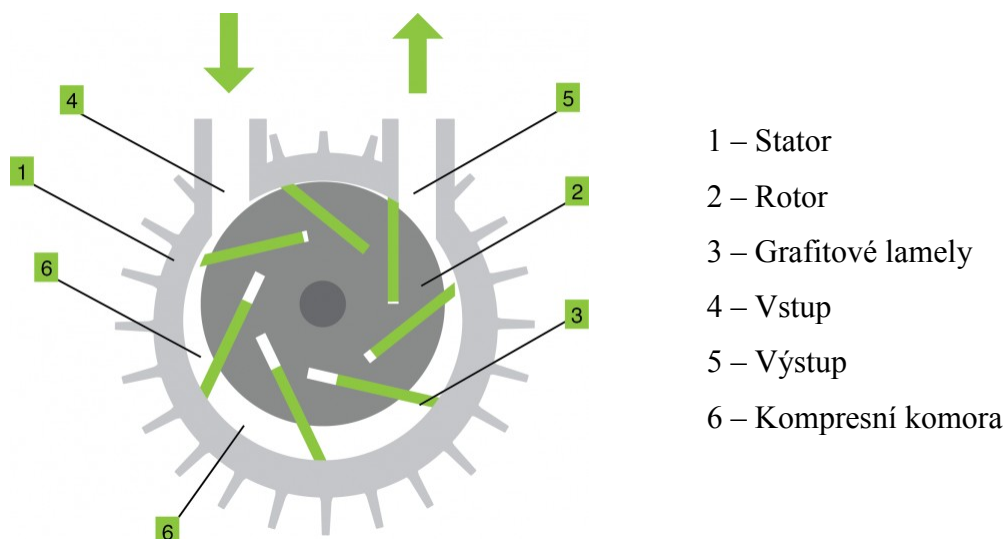


Obr.2-1 Lamelová suchá vývěva Becker. [8]

2.1.1 Princip činnosti

Lamelové suché vývěvy Becker se vyznačují jednoduchou konstrukcí, díky které dosahují dlouhé životnosti a provozní spolehlivosti. U suchých vývěv nepřichází čerpaný plyn do styku s provozními kapalinami (např. olej), a tím je zamezeno znečištění čerpaného média.

Princip činnosti lamelových vývěv je založen na otáčivém pohybu rotoru, který je vůči statoru osově (excentricky) posunut. Lamely jsou pohyblivě uloženy v rotoru a pomocí odstředivé síly jsou přitlačovány ke stěně statoru. Při otáčení dochází ke změně objemu kompresních komůrek, které vznikají mezi dvěma lamelami a statorem, tím dochází k nasávání plynu. Princip činnosti je znázorněn na Obr.2-2



Obr.2-2 Princip činnosti suché lamelové vývěvy. [9]

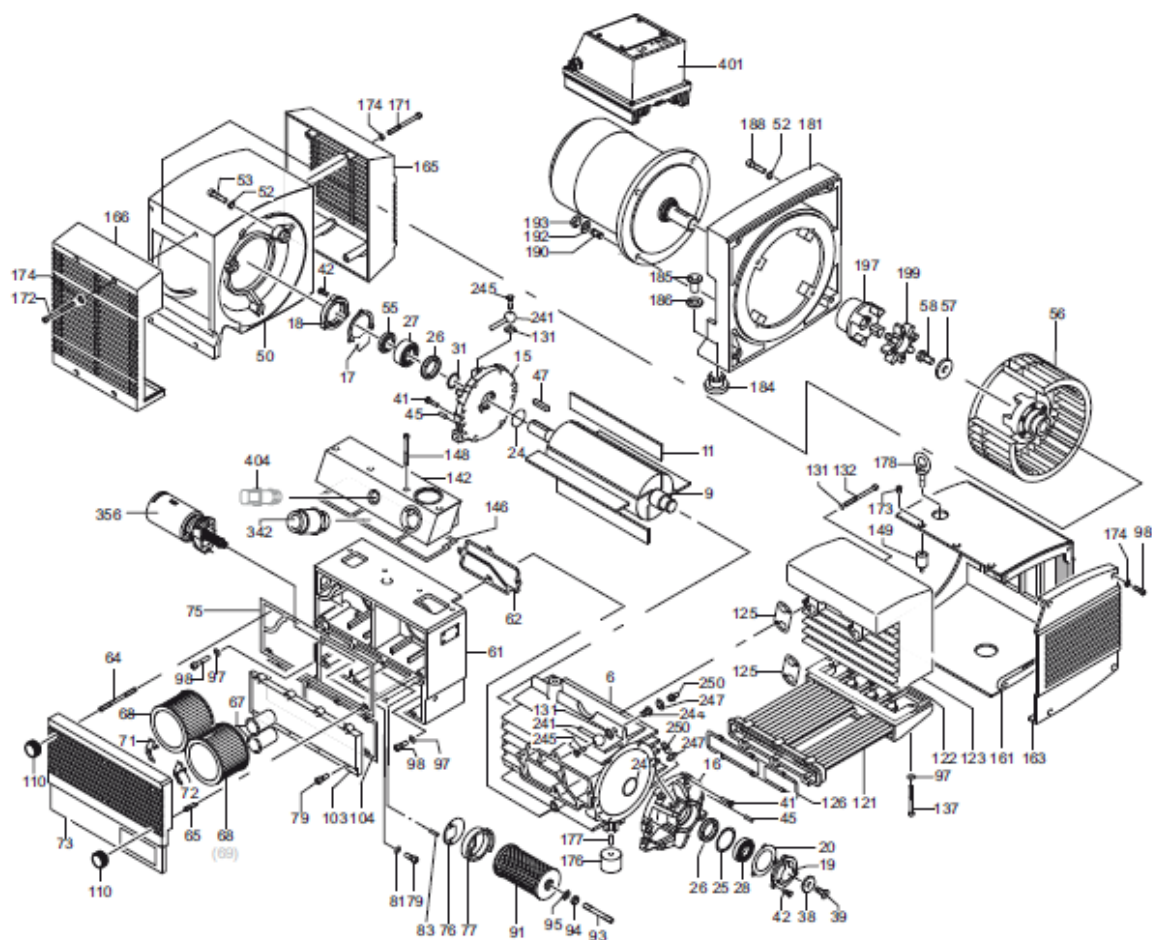
2.1.2 Konstrukce

Základní prvky tvořící pracovní část vývěvy jsou stator a rotor s lamelami. Rotor má na svém obvodu podélné drážky, ve kterých jsou vloženy pohyblivé grafitové lamely, ty jsou vlivem odstředivé síly přitlačovány ke stěně statoru. Rotor je uložen po obou stranách v přírubách osazených valivými ložisky. Pracovní prostor mezi rotorem a státorem je od ložisek oddělen hřídelovými těsnicími kroužky.

Na jedné straně je ložisková příruba zaslepena víčkem, na straně druhé je příruba ukotvena do skříně, ve které je na hřídel rotoru nasazeno oběžné kolo ventilátoru, které zajišťuje chlazení vývěvy.

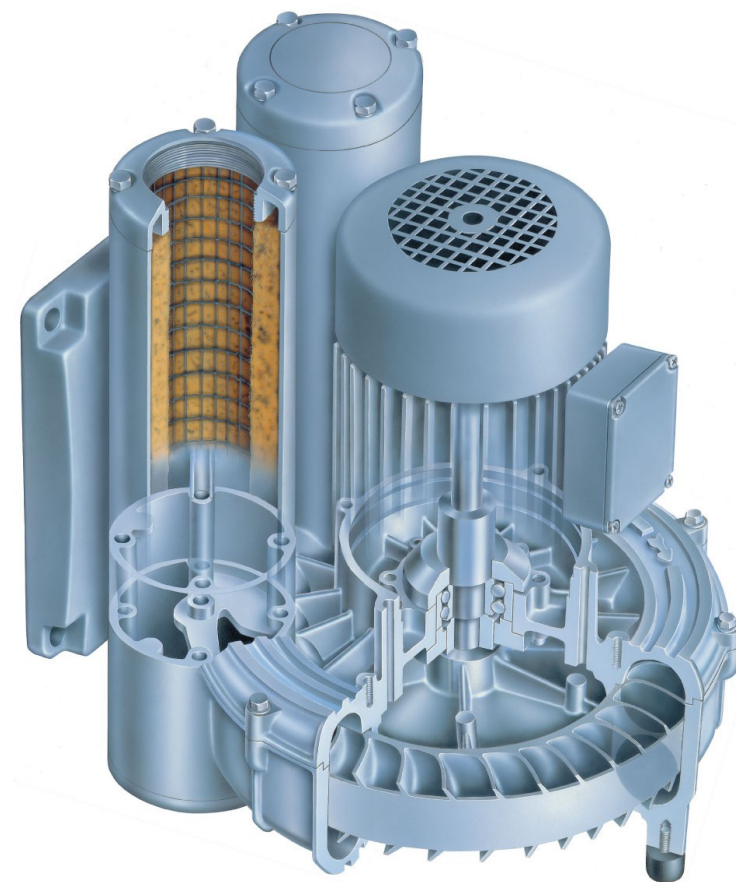
Kolem celé vývěvy je sešroubován obal, jeho hlavní funkcí je snížení hluku vydávaného vývěvou, dále tvoří ochranu pro vzduchové filtry, které zajišťují čistotu čerpaného vzduchu. Odvod tepla, ze spodní strany vývěvy je zajištěn chladičem, jenž je vložen mezi obal a těleso vývěvy.

Pohon vývěvy tvoří samostatný asynchronní elektromotor s kotvou na krátko, který je přišroubován ke skříní vývěvy.



Obr.2-3 Jednotlivé části lamelové suché vývěvy. [11]

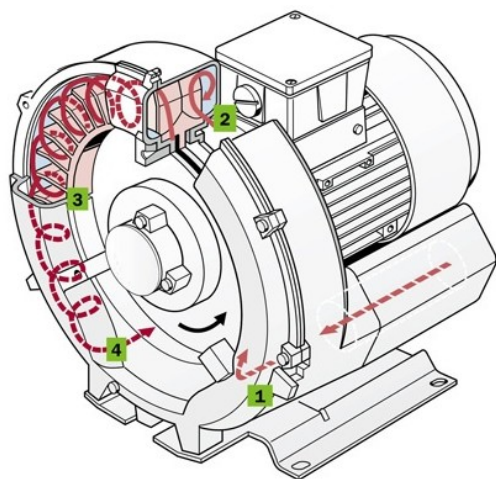
2.2 Rotační vývěvy/dmychadla s bočním kanálem Rietschle



Obr.2-4 Řez dmychadlem s bočním kanálem. [10]

2.2.1 Princip činnosti

Zařízení pracuje s bezdotykovým oběžným kolem na principu dynamického zahušťování. Vlivem rotace oběžného kola dochází mezi lopatkami k radiálnímu a obvodovému urychlování čerpaného vzduchu, který je tlačěn do bočních kanálů, v nich je stlačován a znovu posouván zpět k lopatkám oběžného kola, tím je tvořena spirální dráha. Po této dráze putuje čerpaný vzduch celým zařízením až k výstupnímu otvoru. Princip činnosti je znázorněn na Obr.2-5. [13]

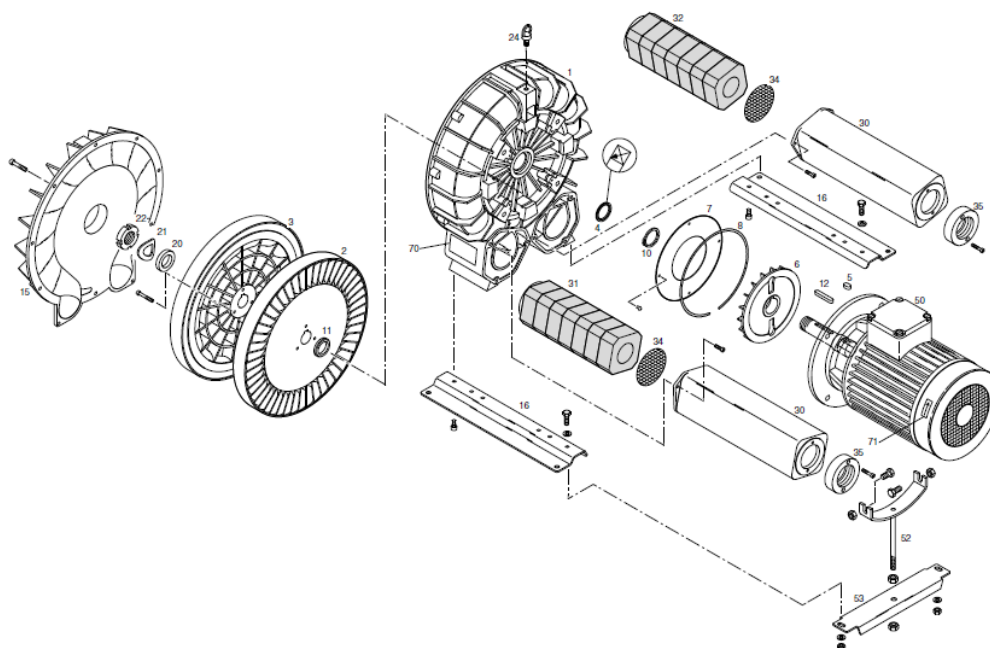


- 1 – Tlumič hluku
- 2 – Postranní kanál
- 3 – Oběžné kolo
- 4 – Výtlačné hrdlo

Obr.2-5 Princip činnosti dmychadla. [12]

2.2.2 Konstrukce

Konstrukce zařízení je velmi jednoduchá. Pohon zajišťuje asynchronní elektromotor s kotvou na krátko. Na konci hřídele elektromotoru je uchyceno dvoustupňové oběžné kolo, které rotuje ve skříní. Ta je obvodově dělená a na jedné straně uchycena přes přírubu k elektromotoru. Přísávání vzduchu mezi skříní a hřídelí je zamezeno pomocí hřídelového těsnícího kroužku. Chlazení bloku elektromotoru a skříně dmychadla je zajištěno pouze ventilátorem elektromotoru. Sací i výtlačné hrdlo je opatřeno absorpčním tlumičem hluku. Před nasátím hrubých nečistot větších jak 5mm, brání síťový talíř umístěný na vstupu zvukoizolační vložky. [15]



Obr.2-6 Jednotlivé části dmychadla. [14]

3 Údržba vývěv a dmychadel

3.1 Současný stav údržby

Tiskařský podnik má svůj vlastní údržbářský tým, který zajišťuje běžnou údržbu všech zařízení v celém závodě.

V současné době je nastavena údržba vývěv a dmychadel tak, že údržbářský tým zajišťuje v měsíčních intervalech domazávání vývěv a případně čištění, výměnu filtrů. Jednou ročně externí firma zajistí kompletní údržbu zařízení, která spočívá v kontrole opotřebení funkčních částí, vyčištění zařízení a výměně filtrů.

Díky velké poptávce, není možné provést odstávku stroje, proto přestala probíhat každoroční údržba externí firmou.

Údržba zařízení může tedy probíhat pouze během čištění stroje, které trvá zhruba čtyři hodiny.

3.2 Vhodný systém údržby

Aby zařízení fungovalo správně a jeho životnost byla co nejdelší, je zapotřebí provádět vhodnou údržbu ve stanovených intervalech. Výrobce udává jaká údržba v jakých intervalech se má na zařízeních provádět, doporučuji respektovat pokyny výrobce.

Nejlepší údržbářský systém lze docílit kombinací dvou věcí, je zapotřebí provádět správně údržbu a vhodně aplikovat metody technické diagnostiky, které určí skutečný stav zařízení, tím se zabrání haváriím a předčasným zbytečným výměnám jednotlivých částí zařízení.

3.2.1 Údržba lamelových suchých vývěv

Je zapotřebí dodržovat inspekční doporučení uvedené na štítku vývěvy. Sledovat provozní hodiny zařízení a podle nich provádět inspekční a údržbářské zásahy. Především dbát na čistotu zařízení a kontrolovat stav jednotlivých funkčních částí.



Obr.3-1 Štítek lamelové suché vývěvy.

Před zahájením údržbářských úkonů je vždy nutné vývěvu vypnout a zabezpečit proti spuštění.

Je zapotřebí dle provozních hodin (štítek vývěvy):

- **Čistit filtry** doporučený interval 250 provozních hodin.
 Filtrační vložky se čistí vyfoukáním stlačeným vzduchem a to směrem zevnitř ven. Pokud je po vyfoukání filtrační vložka stále zanesená, je zapotřebí vložku vyměnit za novou.
- **Provádět domazávání** doporučený interval 2000 provozních hodin.
 Domazáváme vždy stejným mazivem jaké je použito v zařízení, dbáme na správném množství maziva, aby nedošlo k přemazání.
- **Sledovat opotřebení** doporučený interval 3000 provozních hodin.
 Grafitové lamely, filtry a těsnění podléhají opotřebení je zapotřebí kontrolovat jejich stav a případně je vyměnit za nové. Jejich životnost je závislá na druhu provozu a pracovních podmínkách.

Intervaly čištění a údržby lamelových suchých vývěv.

	čistit	kontrola	interval
Sací filtr	ano	ano	měsíc
Tlakový filtr	ano	ano	měsíc
Radiální ventilátor	ano	ano	měsíc
Kryt	ano	ano	měsíc
Povrch motoru	ano	ano	měsíc
Lamely	ano	ano	3000 provozních hodin, nebo 1 rok
Elektrické zapojení	Kontrola kvalifikovaným odborníkem.		6 měsíců

Tab.3-1 Intervaly čištění a údržby. [18]

3.2.2 Údržba dmychadel s bočním kanálem

Údržba těchto zařízení je díky jejich jednoduché konstrukci nenáročná. Před zahájením údržbářských úkonů je vždy nutné dmychadlo vypnout a zabezpečit je proti nepředpokládanému spuštění.

Pravidelná údržba:

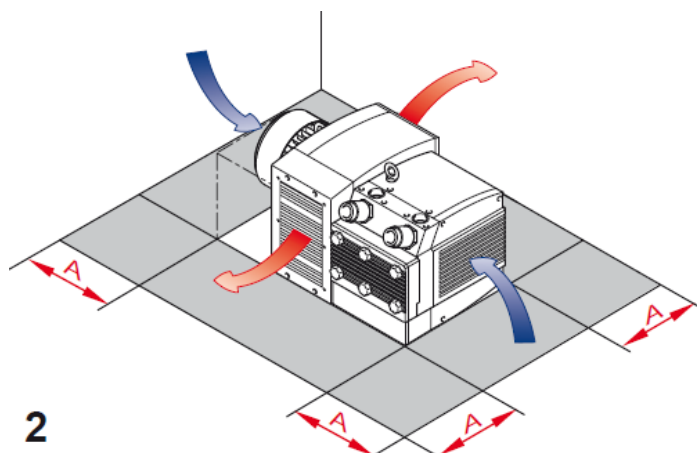
- **Čistit filtry** doporučený interval maximálně 250 provozních hodin.
Filtrační vložky se čistí vyfoukáním stlačeným vzduchem a to směrem zevnitř ven. Pokud je po vyfoukání filtrační vložka stále zanesená, je zapotřebí vložku vyměnit za novou.
- **Sledovat opotřebení** doporučený interval 3000 provozních hodin.
Tlumiče hluku, filtry a těsnění podléhají opotřebení je zapotřebí kontrolovat jejich stav a případně je vyměnit za nové. Jejich životnost je závislá na druhu provozu a pracovních podmínkách.
- **Dbát na čistotu** doporučený interval při každé prohlídce.
Udržovat zařízení včetně jeho okolí v čistotě. Prach na zařízení má negativní vliv, působí jako izolant a brání odvodu tepla.

Vývěvy a dmychadla jsou volně uložena v tunelu umístěném po boku tiskového stroje Rapida 142 H. Tunel je 8 metrů dlouhý a ze všech stran uzavřený, výměna vzduchu je zde zajištěna pomocí ventilátoru umístěného na začátku tunelu.



Obr.3-2 Vývěvy uložené v tunelu.

Vývěvy jsou v tunelu nevhodně rozmístěné, což má neblahý vliv na jejich chlazení. Chladicí vzduch je nasáván z čelních stran vývěvy, poté putuje vývěvou a odchází ven z vývěvy po obou jejích bočních stranách. Pro správnou funkci chlazení je důležité, aby kolem vývěvy byl určitý prostor, jak je znázorněno na Obr.3-3. Proto by se ve vzdálenosti $A = 100 \text{ mm}$ od vývěvy nemělo nic nacházet.



Obr.3-3 Proudění vzduchu vývěvou. [19]

V našem případě je stávající rozmístění vývěv velmi nevhodné. Jsou umístěny v blízkosti stěn a jsou velmi blízko vedle sebe, v některých případech se dokonce dotýkají a to otvory pro nasávání chladícího vzduchu. Jak je vidět na Obr.3-4.



Obr.3-4 Nevhodné rozmístění vývěv.

V tunelu je dostatek místa, není tedy důvod ke stávajícímu rozmístění vývěv. Proto doporučuji rozmístit vývěvy tak, aby se ve vzdálenosti 100 mm od vývěv nenacházela žádná překážka. Vývěvy jsou uloženy volně, po zásahu údržby je potřeba dát vývěvy vždy do správné polohy tak, aby byla splněna podmínka správného rozmístění.

Vývěvy, dmychadla a jejich okolí jeví známky značného znečištění prachem, jak je vidět na Obr.3-5. Znečištění není pouze na povrchu, ale prach z okolí je nasáván také do zařízení. Prach má neblahý vliv na životnost, působí jako izolant, zabraňuje přestupu tepla a tím zhoršuje chlazení.



Obr.3-5 Znečištěné vývěvy a dmychadla prachem.

Doporučuji dodržovat servisní intervaly a pravidelně provádět předepsanou údržbu. V kombinaci s technickou diagnostikou docílíme prodloužení životnosti a eliminujeme výpadky ve výrobě způsobené neplánovaným přerušením provozu z důvodu havárie nebo nefunkčnosti jednotlivých zařízení.

Navrhuji, aby firma, která zajišťuje technickou diagnostiku, zajišťovala také kompletní údržbu a opravy těchto zařízení. Tento postup povede k jisté kázni v provádění údržby a při provádění oprav k přehledu o vyměněných náhradních dílech, jejich životnosti a vhodnosti pro dané zařízení. Z důvodu trvalého provozu tiskařského stroje bez možnosti odstávky je tento postup těžko realizovatelný, proto navrhuji, aby běžnou údržbu prováděl interní údržbářský tým, během čištění stroje. V případě odhalení vznikající závady pomocí metod technické diagnostiky zařízení nahradit a původní zařízení odvézt k opravě.

4 Technická diagnostika

Technická diagnostika se zabývá určováním skutečného technického stavu objektů, pomocí aplikace vhodných metod a prostředků, jedná se především o bezdemontážní a nedestruktivní postupy. Řadí se k nástrojům a prostředkům autonomní údržby, koná inspekční a revizní činnost. Pomocí technické diagnostiky můžeme včas rozhodnout o nutnosti a rozsahu opravy, to má za následek výrazné ovlivnění bezpečnosti provozu. Aplikací technické diagnostiky na strojní zařízení, se snižují náklady na údržbu stroje a ztráty vzniklé poruchou, tím se rozumí prostoje při vzniklé havárii, nebo nepřesná výroba vlivem poruchy. Při havárii jedné součásti stroje často dochází k fatálním škodám a odstávce celého stroje.

4.1 Rozdělení technické diagnostiky

Rozdělení technické diagnostiky je velmi pestré, můžeme ji rozdělit z mnoha hledisek. Nejzákladnější dělení je na technickou bezdemontážní diagnostiku a na technickou nedestruktivní diagnostiku.

Dělení podle nasazení:

- Předdemontážní diagnostika
- Po konečné montáži
- V průběhu funkčního nasazení (servisní, kontrolně inspekční, monitoring)

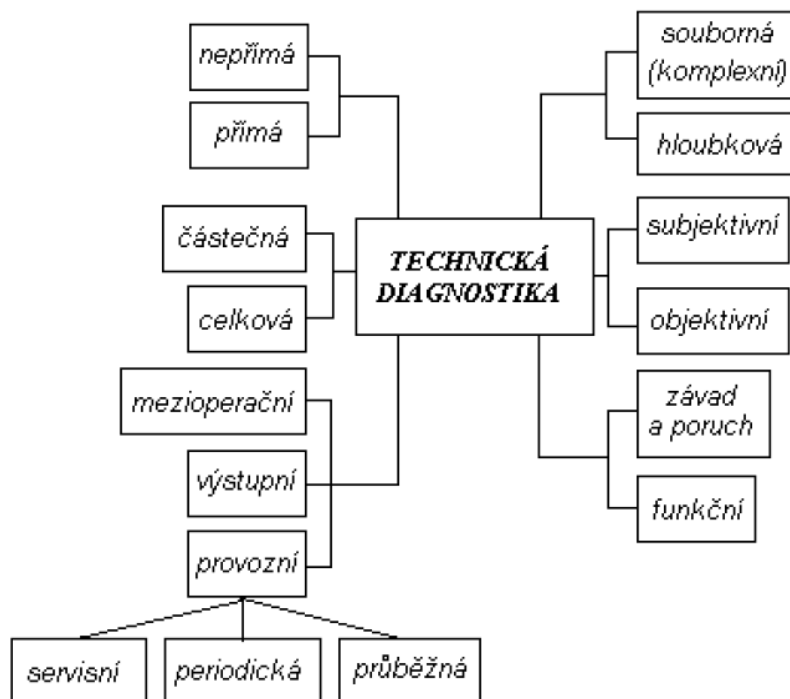
Dělení podle časového rozložení:

- Cyklická
- Trvalá (online)
- Na objednávku

Dělení podle rozsahu:

- Hlubková
- Komplexní
- Dílčí

Dále lze technickou diagnostiku rozdělit například podle měřeného signálu. Jedno z možných dělení je znázorněno na Obr.4-1.



Obr.4-1 Rozdělení technické diagnostiky. [16]

Velmi důležitým dělením technické diagnostiky je dělení podle měřené veličiny, která nám poskytuje informace o stavu zařízení. Chod každého stroje vyvolává různé signály, jako jsou vibrace, teplota apod.. Tyto signály se mění v závislosti na stavu stroje, jsou to tedy diagnostické veličiny.

Dělení podle diagnostického signálu:

- Parametrická diagnostika
- Vibrodiagnostika
- Akustická diagnostika
- Termodiagnostika
- Tribodiagnostika

Cílem technické diagnostiky je určení provozuschopnosti daného objektu, stanovení diagnózy. Jde o určení okamžitého technického stavu objektu, za daných provozních podmínek. Stanovení správné diagnózy se skládá z několika důležitých kroků. Prvotním krokem je (detekce) odhalení existence vznikající závady. V případě výskytu závady je důležitým faktorem (lokalizace) určení místa, ve kterém se vada nachází, dalším krokem je (specifikace) určení příčiny závady pomocí diagnostického signálu. Nezbytnou součástí celého procesu je (geneze) analýza příčin poruch, odhalení proč k závadě došlo a provedení nápravných opatření, aby nedocházelo k opakovanému výskytu vady nebo poruchy.

4.1.1 Vibrodiagnostika

Je významná metoda technické bezdemontážní diagnostiky, která slouží k určování objektivního technického stavu rotujících strojů. Rotující stroje vlivem dynamického namáhání vyvolávají mechanické kmitání – vibrace, které jsou nositelem informace o provozním a technickém stavu stroje. Vibrace jsou tedy využívány jako diagnostický parametr. Vibrační diagnostika umožňuje včasné odhalení závady a je tedy nástrojem pro strategické plánování nápravných opatření. [20]

Nejčastější závady ovlivňující vibrace jsou:

- Nevývaha rotujících částí
- Nesouosost rotujících částí
- Zhoršený stav ložisek, převodů
- Mechanické uvolnění
- Zadírání
- Elektrické závady

Pomocí snímačů můžeme u vibrací (mechanického kmitání) měřit výchylku, rychlost a zrychlení. Snímače převádí vibrační signál na elektrický náboj, ten je dále zpracováván. Nejvíce používaný snímač vibrací je akcelerometr (snímač zrychlení), jeho výstupní signál lze zpracovávat nejen na zrychlení, ale také na rychlost a výchylku. Princip funkce akcelerometru je založen na piezoelektrickém jevu.

4.2 Současný stav technické diagnostiky

V současné době je prováděna diagnostika stavu strojů externí firmou ESOS Ostrava. Diagnostika se provádí obchůzkou v pravidelných intervalech. Technik každé stanovené období provede sběr dat z jednotlivých zařízení. Následně provede vyhodnocení naměřených dat, vyhotoví protokol o skutečném stavu strojů, případně navrhne doporučení. Protokol s výsledky měření je předán tiskařské společnosti.

Sledovaným parametrem, který poskytuje informace o skutečném stavu strojů, jsou zde vibrace. Technik obchází jednotlivá zařízení, s měřicím zařízením, to se skládá ze snímače vibrací a analyzátoru. Data jsou nahrávána do analyzátoru, z něj jsou stažena do počítače, ve kterém jsou pomocí speciálního softwaru vyhodnocována.

Sleduje se trend naměřených hodnot, tím se rozumí vývoj hodnot v čase. Změní-li se naměřená hodnota vibrací oproti předchozímu stavu, provede se podrobná analýza vibrací a zkrátí se interval pravidelného měření.

4.2.1 ESOS Ostrava

Historie společnosti ESOS Ostrava s.r.o. sahá do roku 1995, kdy byla tato společnost založena. Od svého založení se soustředila na zabezpečení bezporuchového chodu strojů a zařízení v široké škále oborů. Základní filosofií společnosti je totální spolehlivost strojů a zařízení.

Po svém založení se společnost zabývala prodejem ložisek, maziv, gufer, klínových řemenů, náradí pro montáž a demontáž ložisek apod. Postupem času se firma přizpůsobila potřebám zákazníků a přešla na komplexní řešení potřeb v oblasti bezporuchového chodu strojů a zařízení.

Firma se zabývá:

- vyhodnocováním problémového a zhavarovaného sortimentu
- vytváří metodiky montáže a demontáže
- vyhodnocuje práci mechaniků se sortimentem a na základě výsledků a hodnocení pak doporučuje a navrhuje změny a úpravy.

Od roku 1998 má společnost vytvořenou vlastní skupinu technické diagnostiky. Technická diagnostika je nedílnou součástí moderní údržby, přináší úspory v oblasti

náhradních dílů, prodlužuje interval odstávek strojů a eliminuje ztráty z výroby, tyto aspekty vedou kromě jiného, i k vyšší konkurenceschopnosti firem. [21]

4.2.2 Používaná technologie měření Rockwell Automation

Vyhodnocování technického stavu vývřev se realizuje pomocí technologie Rockwell Automation – EMONITOR. Tato technologie se skládá z měřicího přístroje, snímače vibrací a vyhodnocovacího softwaru. V našem případě je to měřicí přístroj Dynamix 2500, snímače vibrací 9400 a vyhodnocovací software Emonitor.

Měřicí přístroj Dynamix 2500

Je nejrychlejší přenosný analyzátor od Rockwell Automation. Používá se pro sběr dat a analýzu stavu točivých strojů.



Obr.4-2 Měřicí přístroj Dynamix 2500. [17]

Snímač vibrací 9400 (EK-47090I)

Jednoosý akcelerometr s napěťovým výstupem od společnosti Rockwell Automation.

Citlivost ($\pm 10\%$)	100 mV/g
Měřicí rozsah	± 50 g
Frekvenční rozsah (± 3 dB)	0,2 - 10500 Hz
Napájení	8 – 12 V (DC)
Teplotní rozsah	-54 až 121°C
Hmotnost	145 g

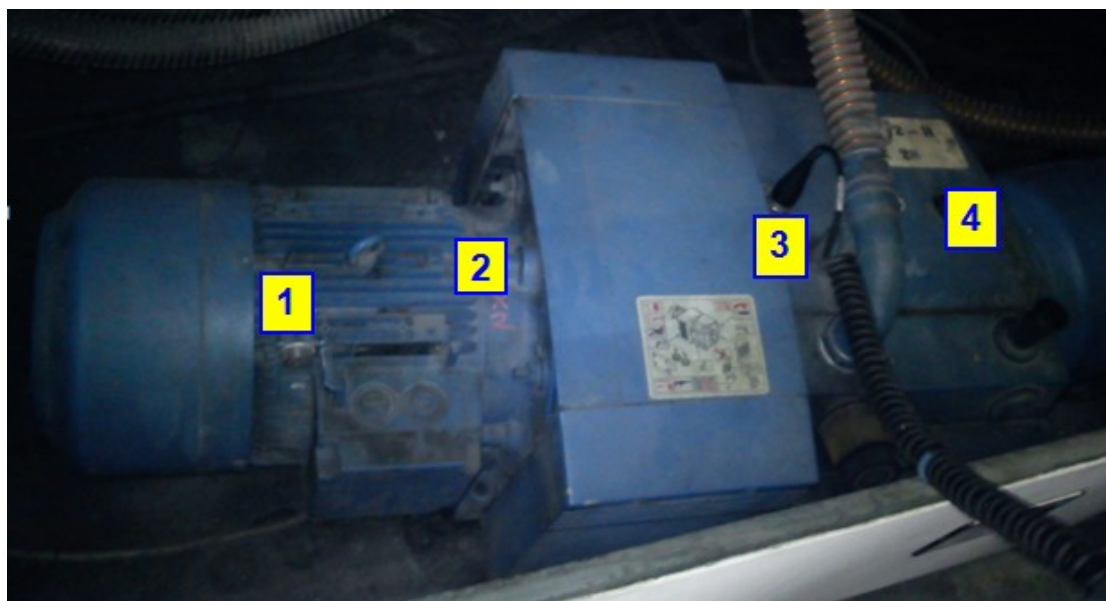
Tab.4-1 Parametry snímače 9400.



Obr.4-3 Snímač 9400.

4.2.3 Měřicí místa lamelové vývěvy

Z konstrukce lamelových vývěv vyplývají čtyři měřicí místa znázorněná na Obr.4-4. Měřicí místa jsou umístěna v blízkosti ložisek. Aby bylo možné snímat vibrace z tělesa vývěvy, byl kryt vývěvy opatřen otvory, skrz které prochází snímač. Jelikož se jedná o sběr dat obchůzkou, je vhodné použití snímače vibrací s magnetem. Použití tohoto snímače zajistí rychlý sběr dat. Snímač se umísťuje na nalepený měřicí bod, nebo přímo na konstrukci stroje.



Obr.4-4 Měřicí místa lamelové vývěvy.

- 1** měřicí bod elektromotor volný konec
- 2** měřicí bod elektromotor u spojky
- 3** měřicí bod vývěva u spojky
- 4** měřicí bod vývěva volný konec

Očekávané poruchové frekvence lamelových vývěj:

Otáčková frekvence	1460 ot/min	RPM = 24,4 Hz
Lopatková frekvence	7 lopatek	BPF = 170,8 Hz

Ložiskové frekvence

Poruchové frekvence ložisek jsem získal z webových stránek výrobců, na kterých se nachází programy pro výpočty ložisek. Pro výpočty poruchových frekvencí je třeba znát číselné označení ložiska a otáčky, po zadání těchto parametrů vypočte program poruchové frekvence ložiska.

Přístroje pro měření vibrací mají databázi ložisek, kde po vybrání typu ložiska dle jeho číselného označení, se poruchové frekvence ložisek mohou promítnout přímo do spekter vibrací.

Poruchové frekvence ložisek vztaženo na 1 Hz

Ložisko 6008

BPFO	4,121 Hz
BPFI	6,879 Hz
FTF	0,427 Hz
BSF	3,341 Hz

Ložisko 3206

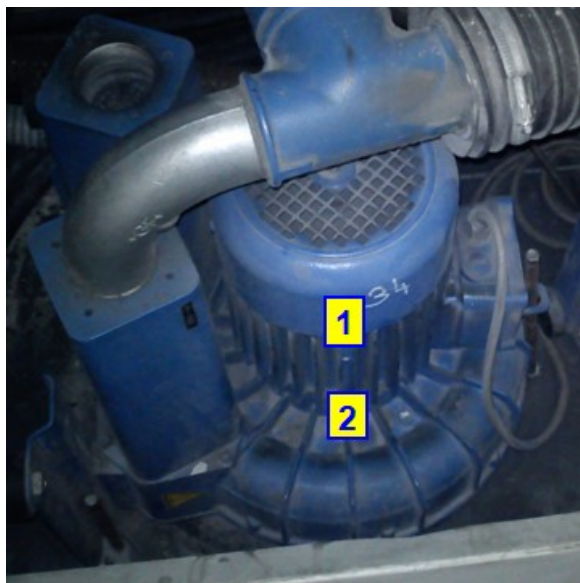
BPFO	3,656 Hz
BPFI	5,344 Hz
FTF	0,406 Hz
BSF	2,330 Hz

Ložisko NU/NJ206

BPFO	5,242 Hz
BPFI	7,758 Hz
FTF	10,675 Hz
BSF	0,403 Hz

Ložisko 6008 (elektromotor)**Ložisko 3206 (vývěva u spojky)****Ložisko NU/NJ206 (vývěva volný konec)****4.2.4 Měřicí místa vývěvy/dmychadla s bočním kanálem**

Konstrukce rotačních vývěv/dmychadel je velmi jednoduchá, oběžné kolo vývěvy je nasazeno přímo na hřídel elektromotoru. U této konstrukce jsou vhodná dvě měřicí místa a to v místech ložisek elektromotoru. Měřicí místa jsou znázorněna na Obr.4-5. U těchto zařízení je opět vhodné použití snímače vibrací s magnetem.



Obr.4-5 Měřicí místa dmyhadla s bočním kanálem.

1 měřicí bod elektromotor volný konec

2 měřicí bod elektromotor u oběžného kola

Očekávané poruchové frekvence dmychadel:

Otáčková frekvence	3400 ot/min	RPM = 56,667 Hz
Lopatková frekvence	42 lopatek	BPF = 2380,014 Hz

Ložiskové frekvence

Poruchové frekvence ložisek vztaženo na 1 Hz

Ložisko 3209

BPFO	4,161 Hz
BPFI	5,839 Hz
FTF	0,417 Hz
BSF	2,508 Hz

Ložisko 6209

BPFO	4,074 Hz
BPFI	5,927 Hz
FTF	0,407 Hz
BSF	2,606 Hz

Ložisko 3209 (elektromotor u oběžného kola)

Ložisko 6209 (elektromotor volný konec)

4.3 Zhavarované vývěvy

Přestože nebyly ve spektrech vibrací detekovány, žádné výrazné vady a stav vibrací se jevil jako setrvalý, docházelo k haváriím vývěv. V některých případech byly škody takového rozsahu, že vývěva již musela být nahrazena novou vývěvou.

Pro odhalení příčiny havárií byla provedena analýza stavu odstaveného dmychadla.

4.3.1 Analýza stavu dmychadla č.38

Na základě výsledků vibrační diagnostiky, prováděné pravidelným pochůzkovým měřením, byla zjištěna nevývaha a poškození ložiska elektromotoru u oběžného kola dmychadla č. 38 na stroji RAPIDA 142 H. Na základě tohoto měření bylo dmychadlo odstaveno a vyměněno za náhradní, čímž byl zajištěn další provoz stroje. Odstavené dmychadlo bylo odvezeno k opravě.

Po demontáži dmychadla jsem provedl vyhodnocení stavu a příčin vzniku poruchy. Na úvod je potřeba uvést, že nejsou známy provozní hodiny dmychadla.

Gufero G42-69-9 NBR výrobce GUFERO

Vlastnosti gufera:

Výrobce udává jeho použitelnost od -40 do +100°C.

Stav gufera:

Gufero je velmi ztvrdlé, jeho břit úplně zmizel a vnitřní část gufera je naplněna prachem.



Obr.4-6 Těsnicí hřídelový kroužek demontovaný z dmychadla.

Ložisko ZVL 6209 2 RS/ C3 a Ložisko SKF 3209 TN9/2Z C3 WT

Ložisko ZVL je vhodné pro teplotní rozsah od -30 do $+100^{\circ}\text{C}$.

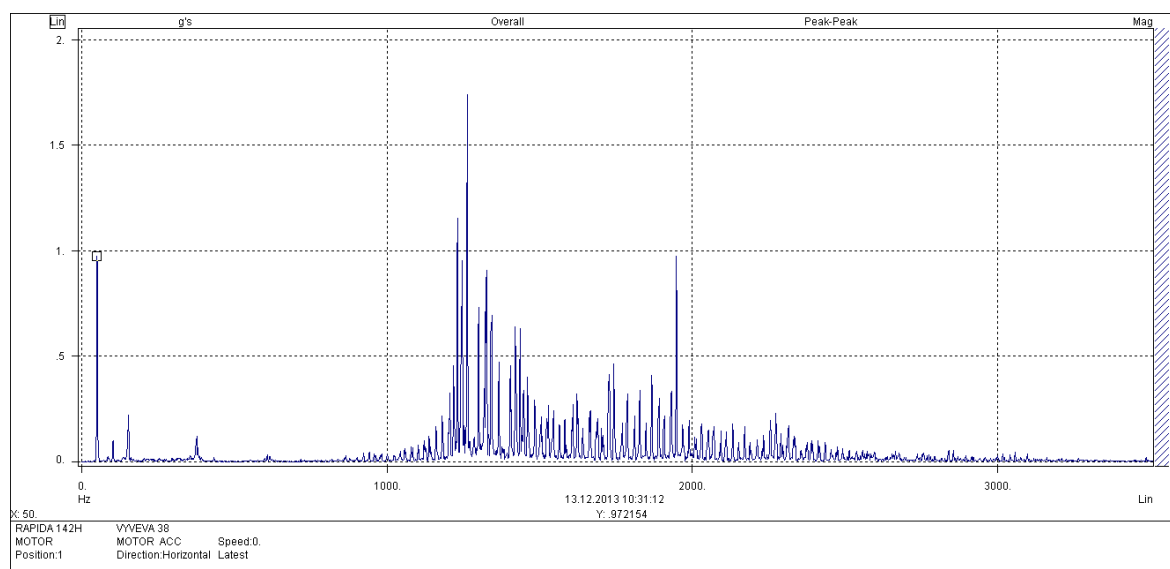
Ložisko SKF je označeno WT, což znamená teplotní rozsah do 160°C .

Ložiska z neoznačené strany vykazují nečistoty (Obr.4-7 vlevo), ze strany 2 jsou čistá (Obr.4-7 vpravo).



Obr.4-7 Demontovaná ložiska z dmychadla č.38. (levé 6209, pravé 3209).

V FFT spektru zrychlení vibrací Obr.4-8 není přítomna frekvence, která se přímo shoduje s poruchovou frekvencí ložiska, ale je zde vidět vibrační signál znázorňující špatné mazání ložiska v oblasti od 1000 Hz do 2500 Hz .



Obr.4-8 Frekvenční spektrum FFT zrychlení vibrací dmychadla.

Pro potřeby analýzy byly ložiska rozřezány rozbrušovačkou.

Na vnitřním kroužku ložiska SKF 3209 TN9/2Z C3 WT jsou vidět nečistoty na valivé dráze. Patrné rýhy, které jsou vidět na obrázku, vznikly při rozřezávání ložiska, jsou tedy od brusky.



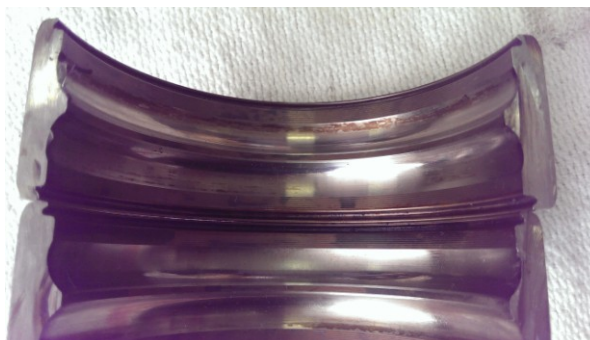
Obr.4-9 Vnitřní kroužek ložiska SKF 3209 TN9/2Z C3 WT.

Na Obr.4-10 je vidět styková koroze a podélné rýhy napříč vnitřního kroužku ložiska.



Obr.4-10 Vnitřní kroužek ložiska SKF 3209 TN9/2Z C3 WT.

Na okraji valivých drah vnějšího kroužku ložiska SKF 3209 TN9/2Z C3 WT je patrné znečištění nečistotami.



Obr.4-11 Rozřezaný vnější kroužek ložiska SKF 3209 TN9/2Z C3 WT.

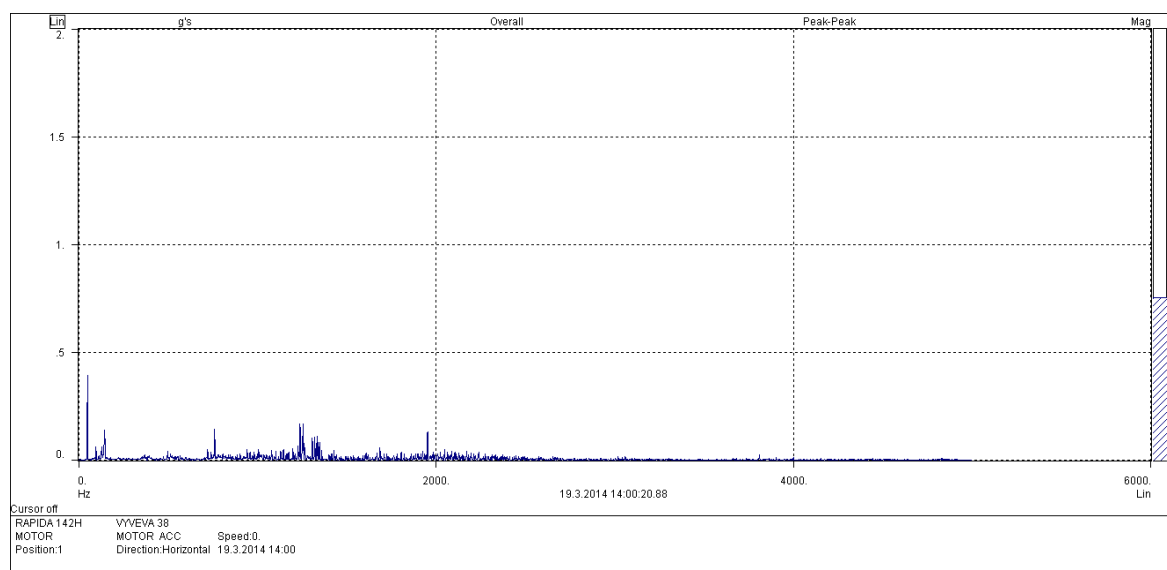
Valivá tělíska jsou v pořádku.

Plastová klec je naplněna mazivem s prachem.



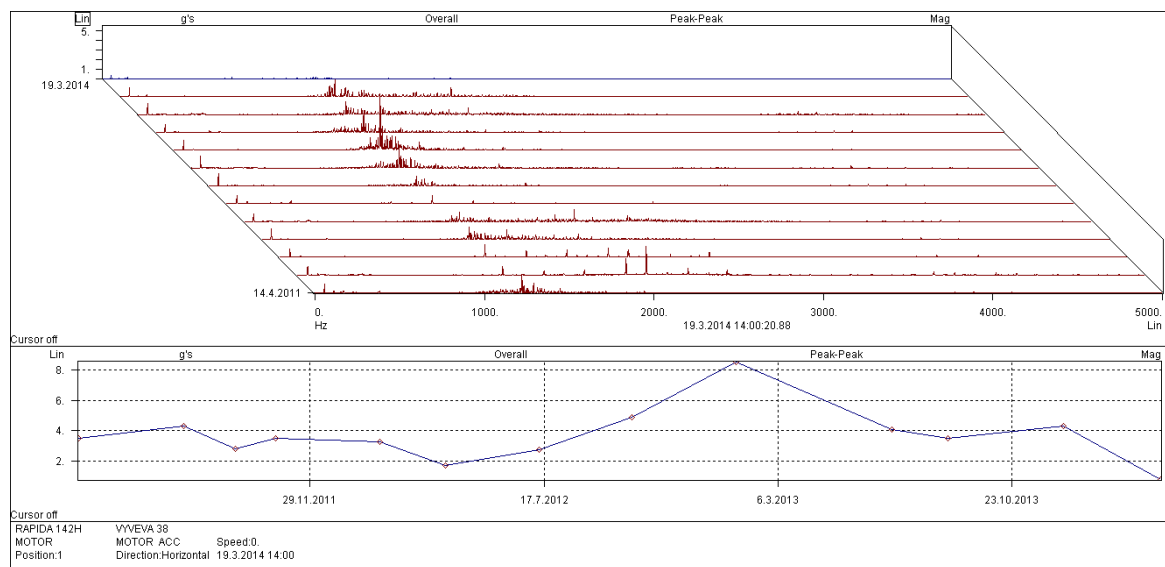
Obr.4-12 Plastová klec s valivými tělísky ložiska SKF 3209 TN9/2Z C3 WT.

Po opravě (výměně ložisek) se problémy s mazáním ztratily, hodnoty vibrací se celkově snížily Obr.4-13.



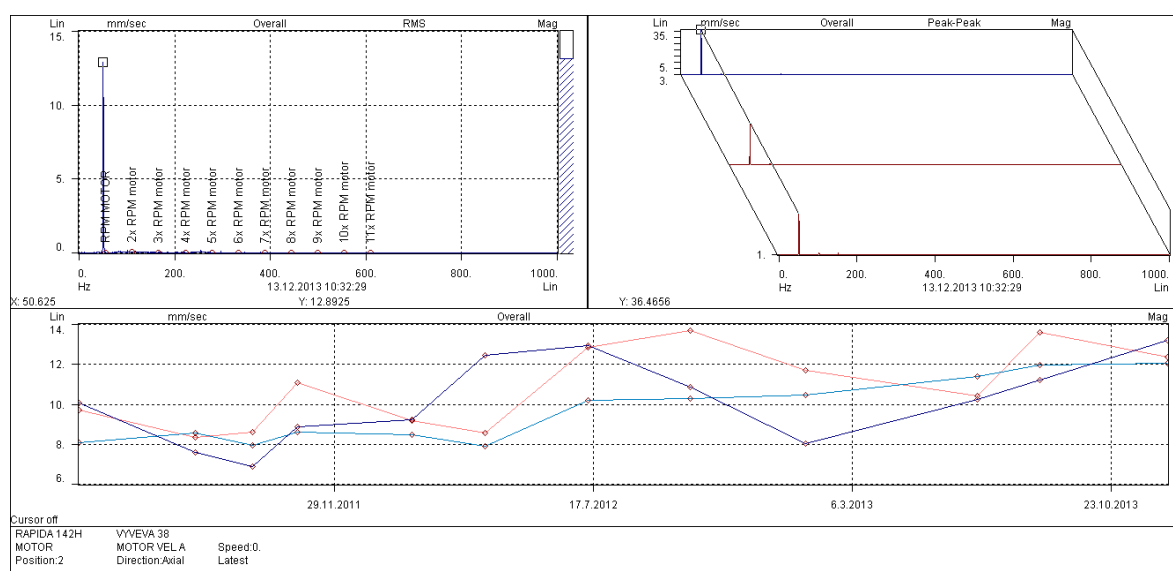
Obr.4-13 Frekvenční spektrum FFT zrychlení vibrací dmychadla po opravě.

V kaskádě Obr.4-14 je patrný výrazný pokles vibrací, červené hodnoty před opravou, modré hodnoty po opravě.



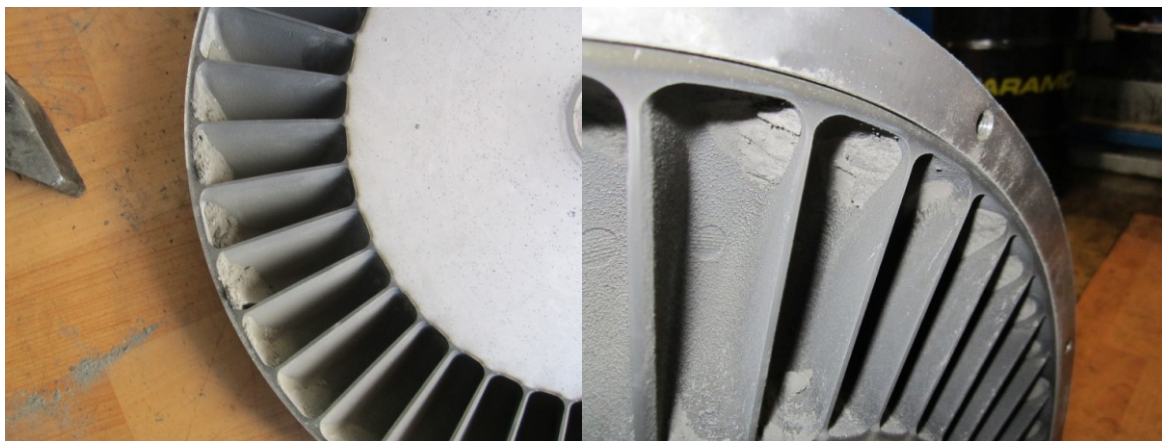
Obr.4-14 Kaskáda a trend hodnot FFT zrychlení vibrací dmychadla.

Ve spektrech na Obr.4-15 je patrná dominantní složka vibrací na první otáčkové frekvenci bez dalších násobků, to znázorňuje nevývahu, v našem případě jde o nevývahu oběžného kola dmychadla. Dále je zde vidět časový trend hodnot.



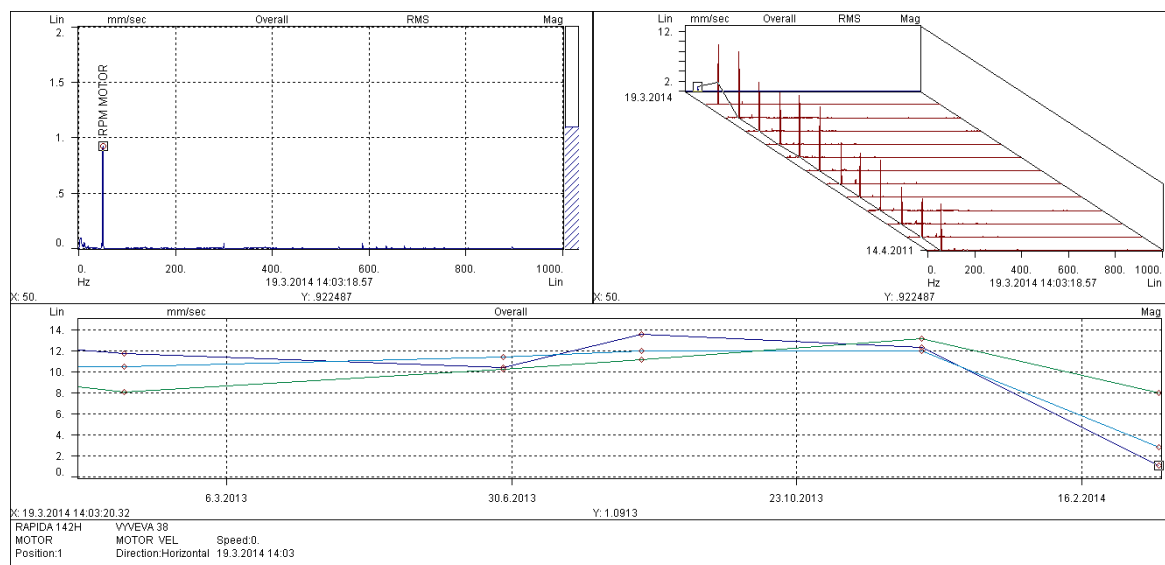
Obr.4-15 Frekvenční spektrum, kaskáda a trend hodnot FFT rychlosti vibrací dmychadla.

Po demontáži dmyhadla je vidět silné znečištění prachem usazeným v oběžném kole. Prach je nerovnoměrně rozložen, což má za následek nevývahu oběžného kola. Po vyčištění bylo zváženo celkem 120 g prachu.



Obr.4-16 Oběžné kolo dmyhadla s nerovnoměrně usazeným prachem.

Po opravě bylo dmyhadlo vráceno zpět do provozu. Velikost vibrací klesla z hodnoty 13 mm/s na 0,9 mm/s jak je vidět na Obr.4-17. Pokles vibrací po opravě je velmi patrný také v kaskádě a časovém trendu FFT hodnot rychlosti vibrací.



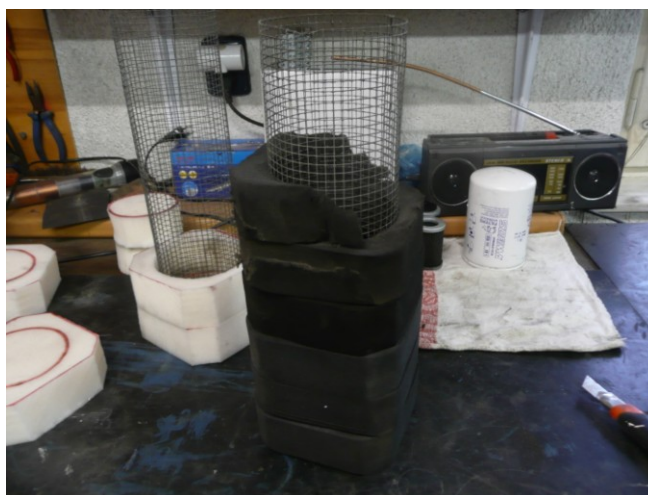
Obr.4-17 Frekvenční spektrum, kaskáda a trend hodnot FFT rychlosti vibrací dmyhadla po opravě.

Na hřídeli je patrná styková koroze stejně jako na ložisku.



Obr.4-18 Hřídel elektromotoru s patrnou stykovou korozí.

Těsnění hluku uvnitř dmychadla je poškozeno. Příčinou poškození je pravděpodobně abraze trvající poměrně dlouhou dobu.



Obr.4-19 Tlumič hluku dmychadla.

Z prohlídky a demontáže dmychadla jsem zjistil:

- Ložisko na volném konci je v pořádku.
- Ložisko u oběžného kola poškozeno.
- Gufero špatný stav.
- Styková koroze na hřídeli.
- Poškozené tlumiče hluku.
- Nevývážek vzniklý usazením prachu na oběžném kole dmychadla.
- Nadměrný výskyt prachu ve dmychadle, vnik prachu do ložiska.

Od údržbářů jsem zjistil, že neprobíhá téměř žádná údržba těchto zařízení. Je důležité dbát na pravidelnou údržbu a zejména čistotu těchto zařízení. Zavést nebo výrazně zkrátit pravidelný interval čištění dmychadel, tím se zamezí několika věcem. Zamezí se nevývaze od usazování prachu v oběžném kole dmychadla a zabrání se vyšší hladině hluku. Dalším vlivem spojeným s čistotou jak dmychadel, tak okolí je jejich chlazení. Pracovní teplota zařízení má výrazný vliv na jeho životnost. Jestliže prach z okolí je nasáván chladícím ventilátorem dochází k zanášení celého zařízení, což má za následek zhoršené chlazení. Nasávaný prach se dostává do zařízení a při zhoršeném stavu hřídelových těsnících kroužku se dostává do ložisek, což vede k výraznému zkrácení doby životnosti zařízení. Ze stavu hřídelového těsnícího kroužku lze usoudit, že je vhodné použít hřídelový těsnící kroužek určený pro vyšší teploty.

4.4 On-line monitorovací systém

Z důvodů detekování závad na vývěvách tiskařských strojů byl nainstalován na jednu vývěvu on-line monitorovací systém. Z hlediska vhodnosti a ceny byl vybrán monitorovací systém FAG SMART CHECK. Tento systém se skládá ze snímače FAG SmartCheck a softwarů FAG SmartUtility, FAG SmartWeb.

4.4.1 Snímač FAG SMART CHECK

Snímač pro trvalé monitorování vibrací (on-line snímač). Snímač se trvale připevní na zařízení do měřícího bodu pomocí šroubu, tím vzniká pevné spojení, které zajišťuje dobrý přenos vibračního signálu. Napájení snímače je zajištěno pomocí napájecího kabelu.

Výstupem snímače je vibrační signál, který je možné sledovat přímo v reálném čase, nebo je signál ukládán do paměti snímače, odtud se signál přenesse do počítače, ve kterém je vyhodnocován. Pro sledování signálu v reálném čase musí být snímač propojen s počítačem pomocí kabelu, nebo musí být snímač připojen do počítačové sítě, v tomto případě lze sledovat signál ze všech počítačů připojených k síti, jestliže je snímač připojen k internetu, lze výstupní hodnoty snímače sledovat z jakéhokoli počítače připojeného k internetu.



Obr.4-20 Snímač FAG SMART CHECK.

Základní parametry snímače FAG SMART CHECK

Vnitřní senzory	
Vibrace	<p>Snímač zrychlení (piezo snímač)</p> <p>Frekvenční rozsah: 0.8 Hz – 10 kHz</p> <p>Měřicí rozsah: ± 50 g</p>
Teplota	Měřicí rozsah: -20 až +70°C
Měření	
Měřicí funkce	<p>Zrychlení</p> <p>Rychlost a výchylka pomocí integrace</p> <p>Teplota</p>
Měřicí metody	Časový signál, demodulace, spektrální analýza, analýza

	trendů, monitorování rychlosti a frekvence vibrací
Charakteristické hodnoty (časový rozsah a frekvenční rozsah)	
Definované charakteristické hodnoty	DIN/ISO 10816
Vypočtené charakteristické hodnoty	RMS, peak, peak-to-peak, crest factor, a další
Měřicí rozsah	
Frekvenční rozlišení	1600, 3200, 6400, 12800 čar
Rozlišení měření	24 bit (A/D převodník)
Frekvenční rozsah	0.8 Hz – 10 kHz
Dolní propust	50 Hz – 10 kHz (50 Hz, 100 Hz, 200 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 5 kHz, 10 kHz)
Horní propust	750 Hz, 1 kHz, 2 kHz
Paměť	
Program a data	32 MB RAM, 128 MB flash
Rozhraní	
Řízení	2 tlačítka (režim učení, alarm reset, restart, tovární nastavení)
Zobrazovací prvky	1 LED pro zobrazení stavu a alarmů 1 LED pro potvrzení 2 LED pro zobrazení komunikace
Komunikace	Ethernet 100 Mb/s
Ostatní	
Rozměry	44 mm x 57 mm x 55 mm
Váha	210 g
Bezpečnostní třída	IP 67

Tab.4-2 Základní parametry snímače FAG SMART CHECK.

4.4.2 Zapojení on-line snímače FAG SMART CHECK

Snímač byl nainstalován na lamelovou suchou vývěvu do měřicího bodu 2 (elektromotor u spojky). Umístění snímače je vyobrazeno na Obr.4-21. Elektromotor s vývěvou je spojen pomocí pružné spojky, která tlumí přenos vibračního signálu z vývěvy na elektromotor, proto je možné sledovat s jistotou pouze technický stav elektromotoru (vibrace od vývěvy jsou utlumeny).

K vývěvám nevedlo síťové připojení, ani nebyl přítomen nikdo, kdo by toto připojení zřídil. Pro připojení k síti bylo třeba natažení síťového kabelu a zřízení IP adresy v počítačové síti tiskařského podniku. Z těchto důvodů bylo zvoleno snímání dat v určitých časových intervalech do paměti snímače. Pro potřeby vyhodnocení byla po určitém časovém období data ze snímače stažena do počítače.



Obr.4-21 Umístění on-line snímače.

4.5 Vyhodnocení měření vývěvy č.29

Pro zjišťování stavu vývěv tiskařských strojů se standardně používá off-line monitorování vibrací realizované technologií Rockwell Automation. Z důvodu detekování poruchových stavů těchto zařízení byl na vývěvu č. 29 nainstalován on-line monitorovací systém FAG SMART CHECK.

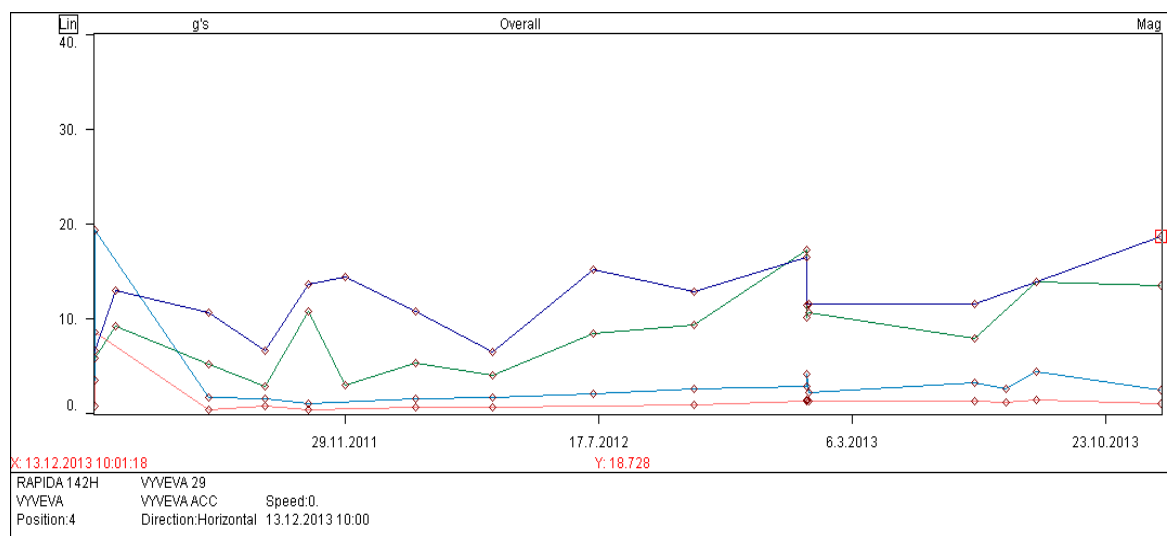
Z možnosti zvolení technologie zpracování signálu byly použity celkové hodnoty zrychlení vibrací a frekvenční analýza FFT spekter.

Pro analýzu vyvíjejícího se poškození ložisek byla zvolena technologie demodulace signálu (celkové hodnoty a frekvenční analýza FFT spekter).

Vyhodnocení celkových hodnot vibrací

Z trendu celkových hodnot zrychlení vibrací je vidět, že nejvyšší hodnoty vibrací jsou v měřicím bodě 3, tedy na vývěvě u spojky (u elektromotoru).

- měřící bod 1 elektromotor volný konec
- měřící bod 2 elektromotor u spojky
- měřící bod 3 vývěva u spojky
- měřící bod 4 vývěva volný konec



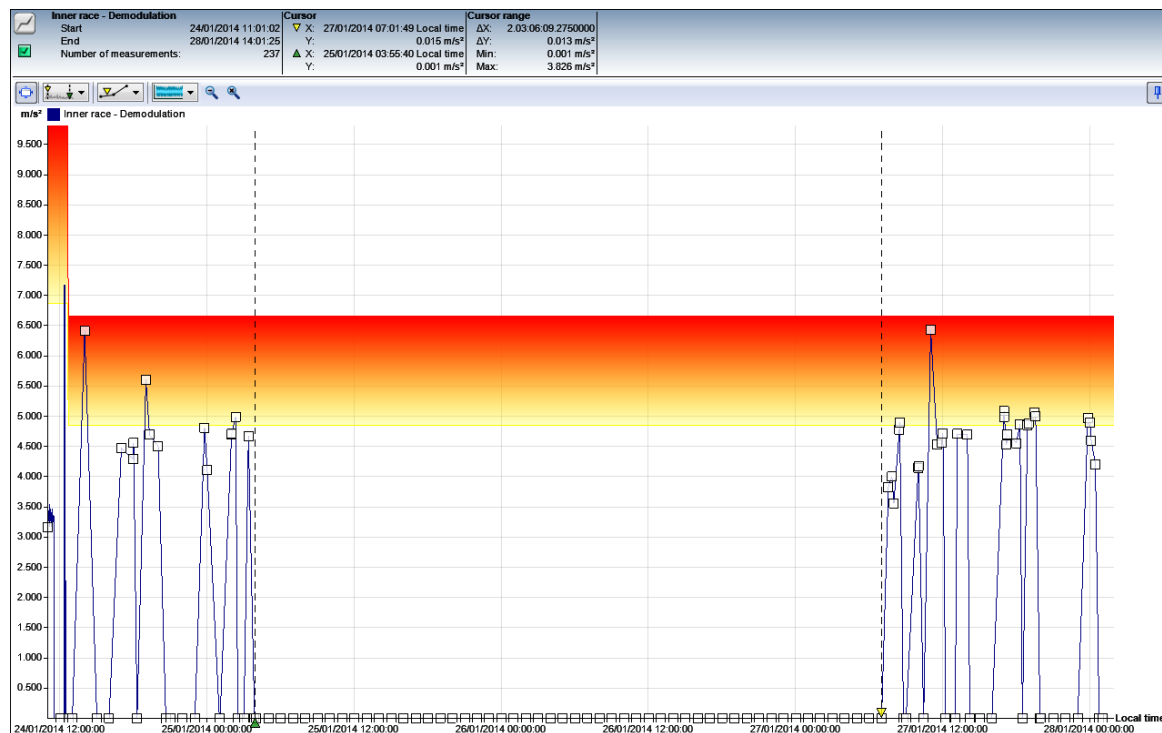
Obr.4-22 FFT spektrum zrychlení vibrací, trend celkových hodnot ze všech měřicích bodů vývěvy.

On-line měření

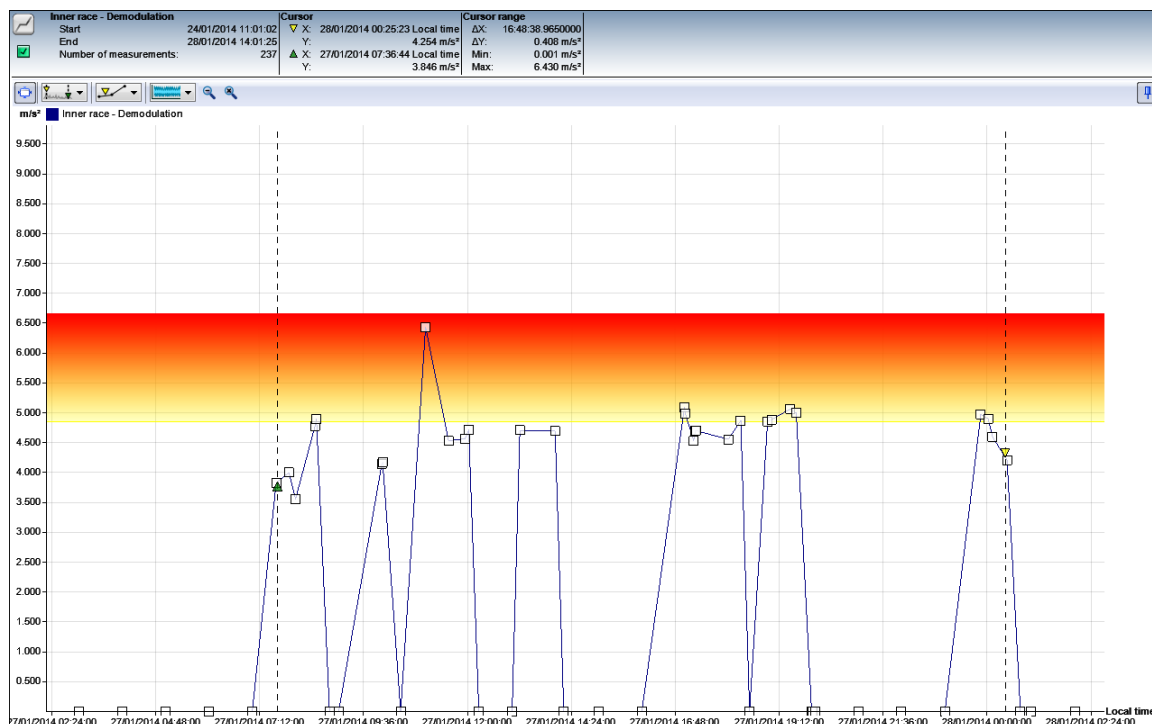
Měření bylo zahájeno dne 24.1.2014 kolem 11 hod.

Vývěva byla mimo provoz od 25.1.2014 cca 4 hod. do 27.1.2014 cca 7 hod.

Vývěva odstavena 28.1.2014 v 00:25.

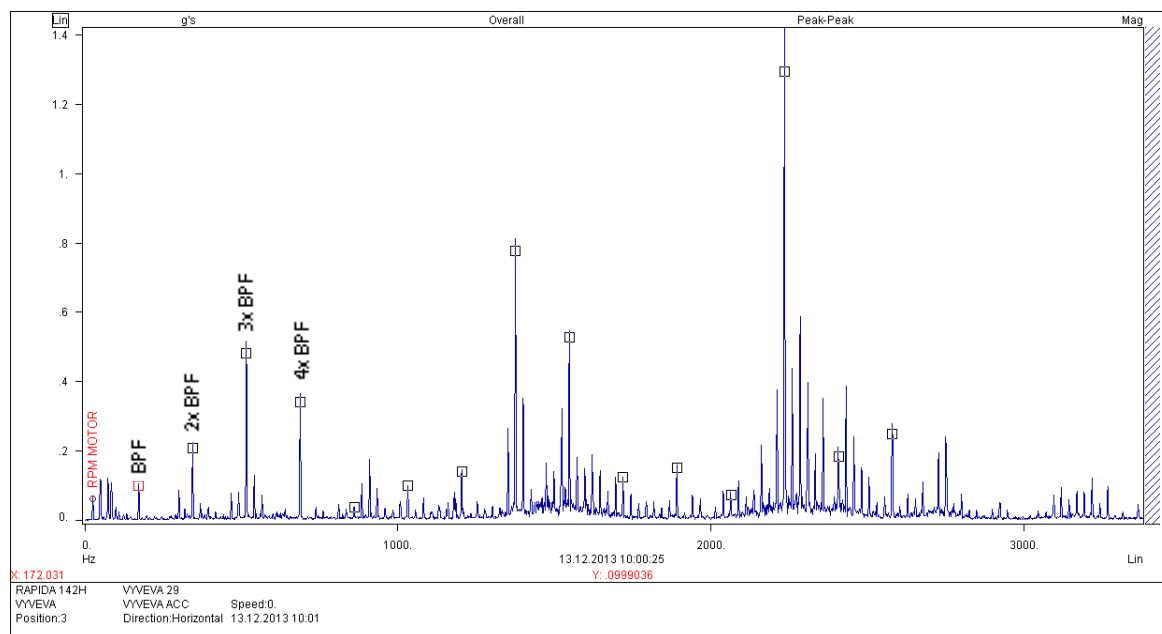


Obr.4-23 Časový trend rychlosti vibrací vývěvy.



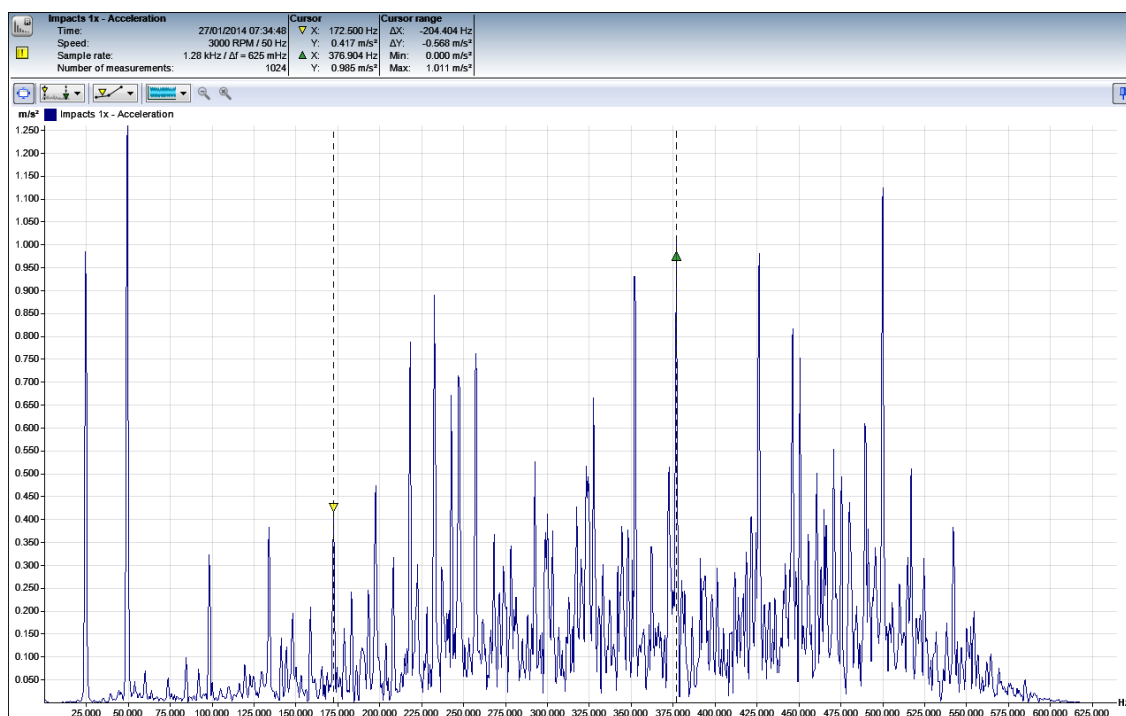
Obr.4-24 Časový trend rychlosti vibrací vývěvy.

V FFT spektru zrychlení vibrací Obr.4-25 je označena frekvence 172 Hz. Tato frekvence odpovídá lopatkové frekvenci BPF.



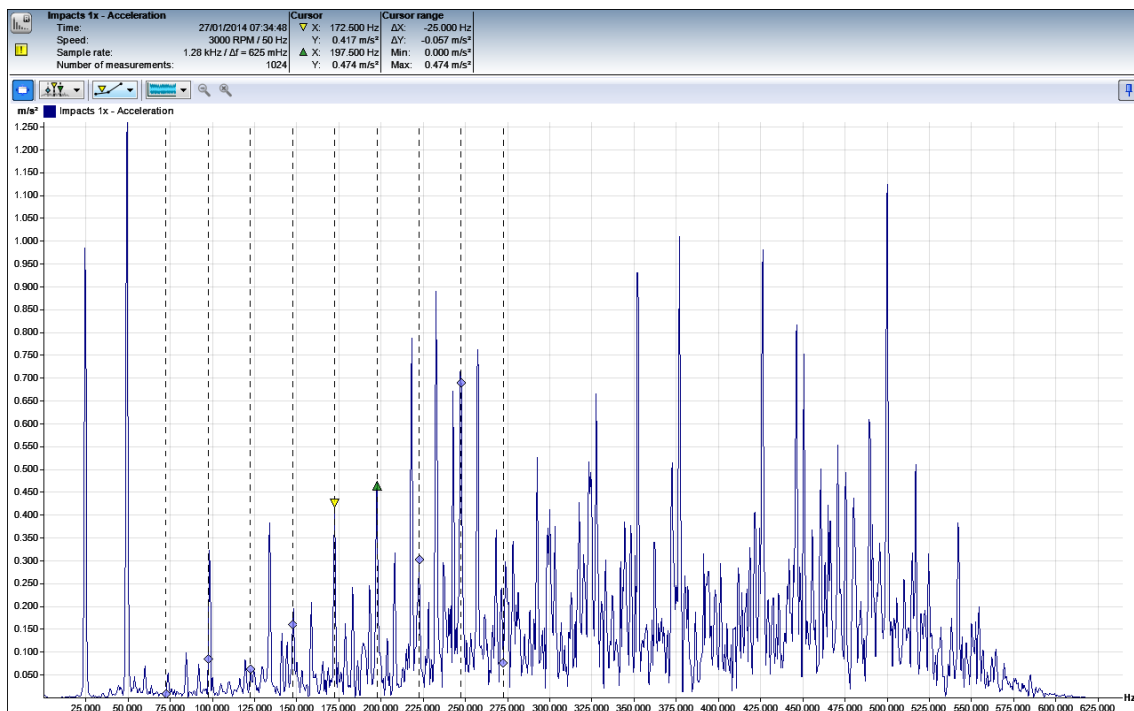
Obr.4-25 FFT spektrum zrychlení vibrací vývěvy měřící bod 3.

Ve spektru Obr.4-26 je žlutě označena lopatková frekvence BPF 172,5 Hz a zeleně označena frekvence 376,9 Hz, tato frekvence odpovídá trojnásobku poruchové frekvence BPF0 124,8 Hz ložiska 6008.



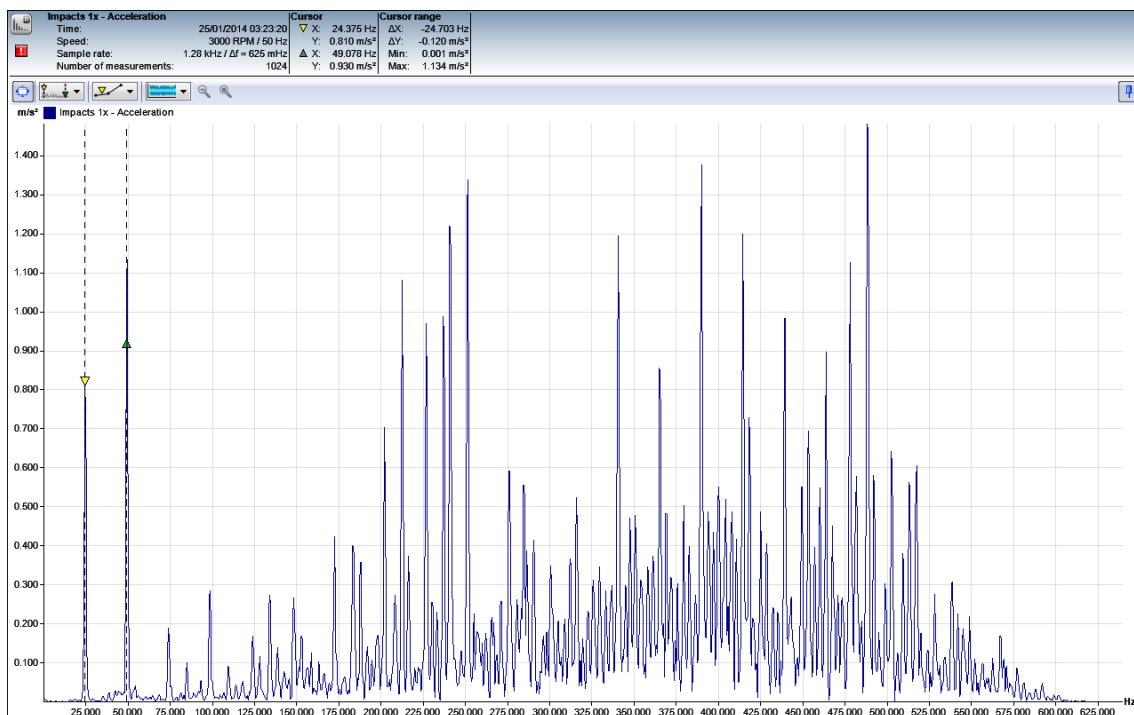
Obr.4-26 FFT spektrum zrychlení vibrací vývěva on-line snímač.

Ve spektru Obr.4-27 je žlutě označena lopatková frekvence BPF 172,5 Hz a čárkovanými čarami označeny postranní pásma o velikosti 25 Hz.



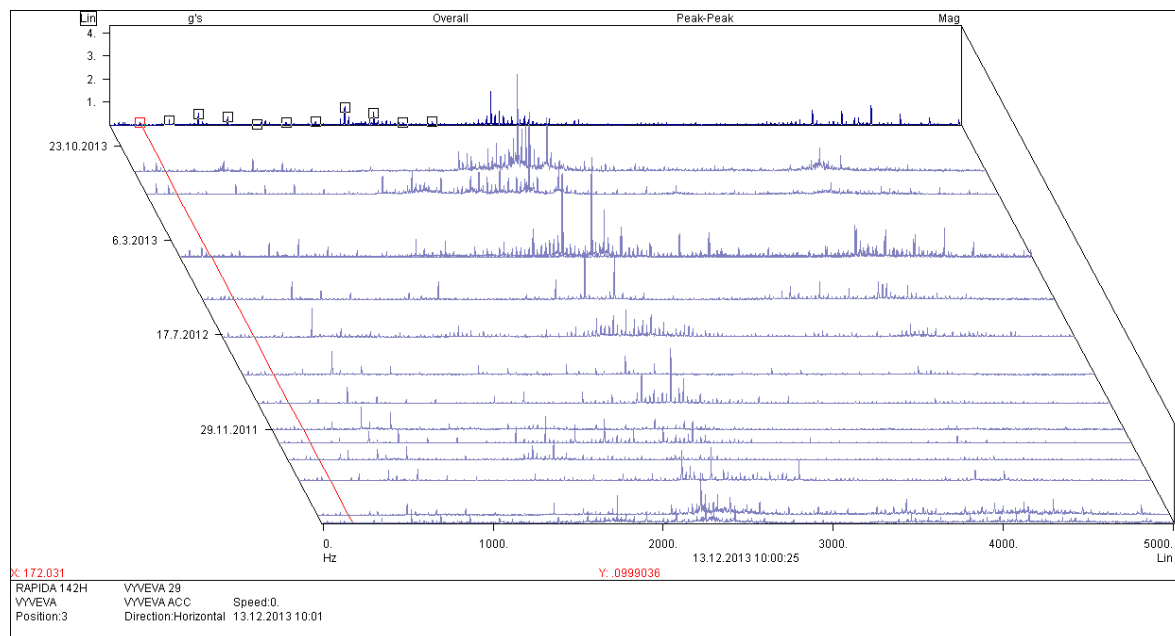
Obr.4-27 FFT spektrum zrychlení vibrací vývěva on-line snímač.

Na Obr.4-28 označena první a druhá otáčková frekvence, tyto frekvence mohou vyjadřovat nesouosost, motor s vývěvou je spojen pružnou spojkou.



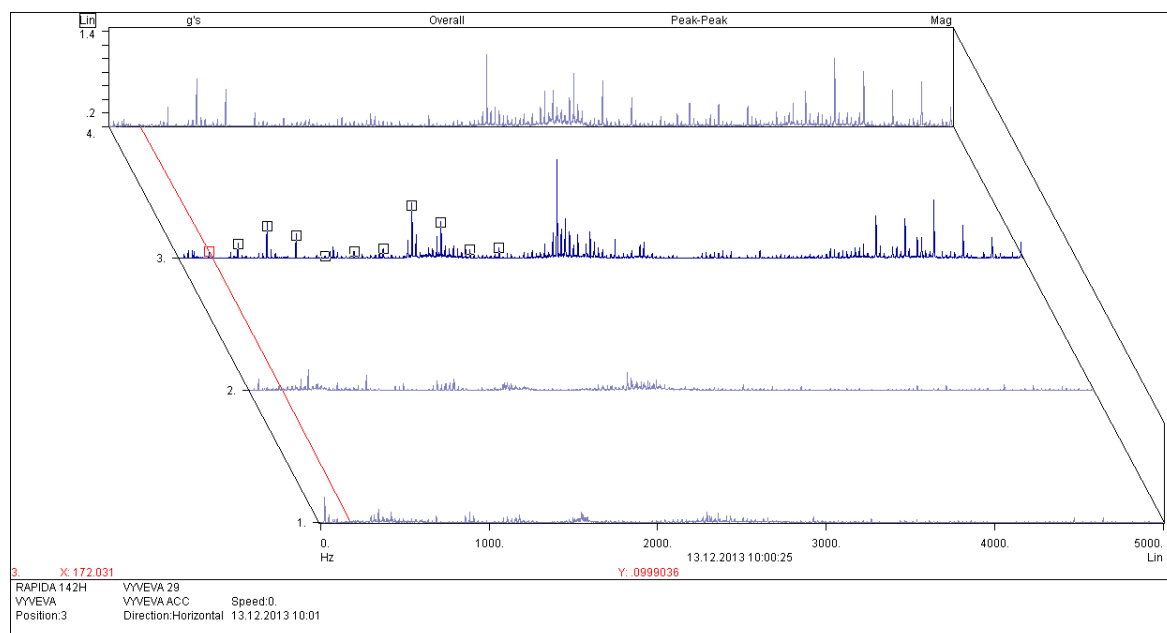
Obr.4-28 FFT spektrum zrychlení vibrací vývěva on-line snímač.

V kaskádě FFT spektrum zrychlení vibrací Obr.4-29 označena lopatková frekvence 172 Hz. Tato frekvence je přítomna od počátku monitorování. Neoznačené frekvence znázorňují špatné mazání



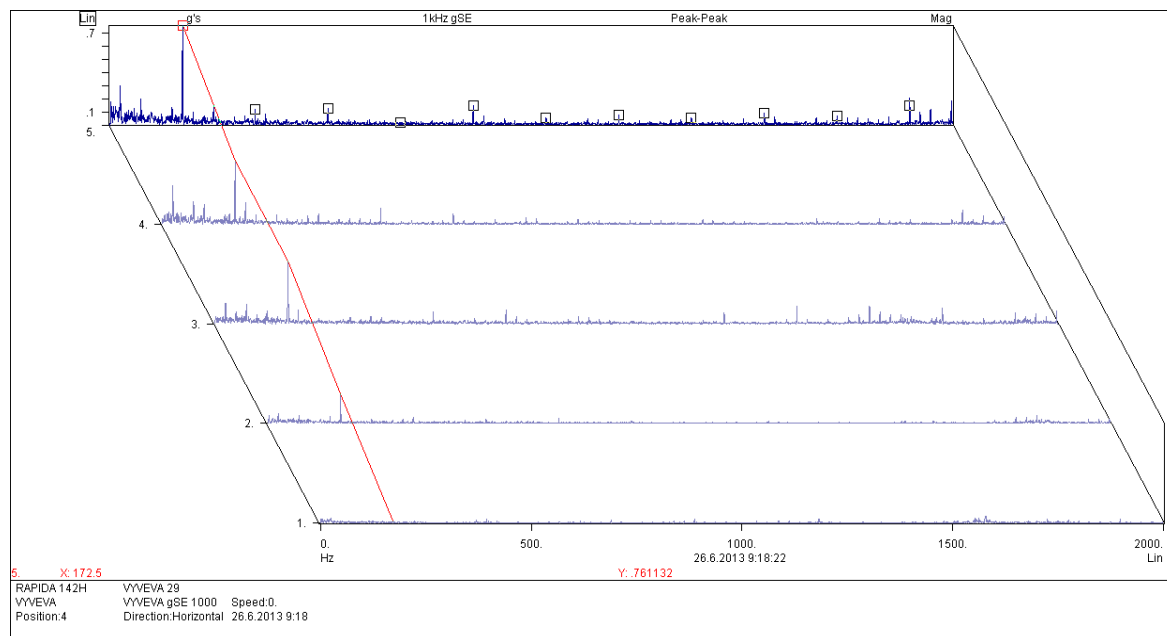
Obr.4-29 FFT spektrum zrychlení vibrací – kaskáda, vývěva měřící bod 3.

V kaskádě FFT spektra zrychlení vibrací ze všech měřících bodů vývěvy Obr.4-30 je označena lopatková frekvence 172 Hz. Tato frekvence je nejvýraznější v měřícím bodě 3 vývěvy u spojky (elektromotoru).



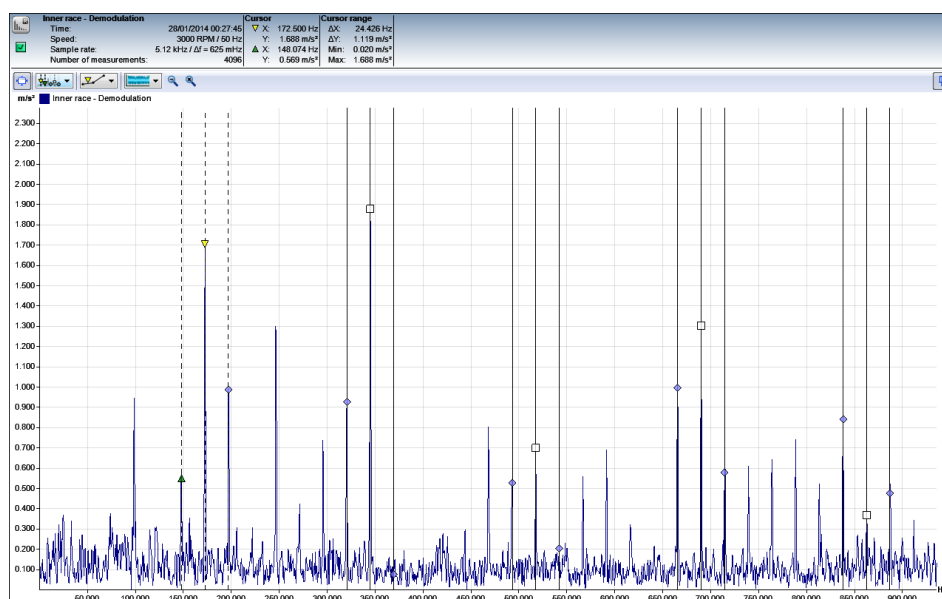
Obr.4-30 FFT spektrum zrychlení vibrací – kaskáda, ze všech měřících bodů vývěvy.

V kaskádě FFT spektra zrychlení vibrací SE ze všech měřících bodů vývěvy Obr.4-31 je označena lopatková frekvence 172 Hz (červená) a její harmonické násobky. Tato frekvence je výrazná v měřícím bodu 3 a 4.



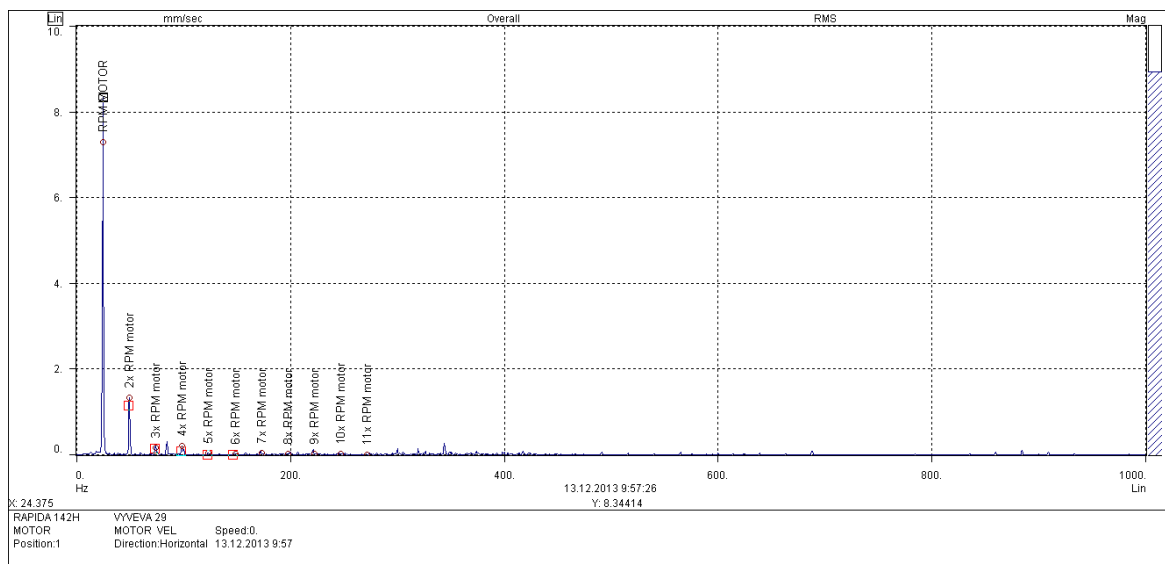
Obr.4-31 FFT spektrum zrychlení vibrací SE – kaskáda, ze všech měřících bodů vývěvy.

Ve spektru FFT zrychlení vibrací demodulace Obr.4-32 žlutě označena lopatková frekvence 172 Hz modulovaná otáčkovou frekvencí 25 Hz a jejich harmonické násobky. Frekvence od průchodu lopatek se na zařízeních běžně vyskytuje a většinou nepředstavuje žádný závažný problém.



Obr.4-32 FFT spektrum zrychlení vibrací vývěvy demodulace on-line snímač.

Ve spektru vibrací Obr.4-33 je označena otáčková frekvence a její násobky. Spektrum může znázorňovat mechanické uvolnění, nebo také zadírání rotoru.



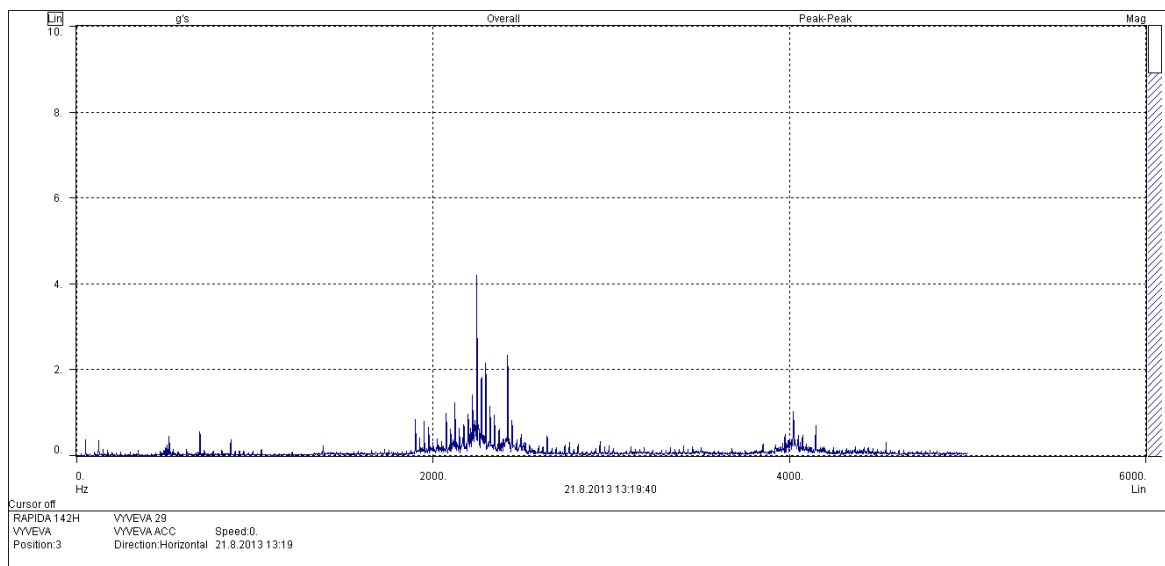
Obr.4-33 FFT spektrum rychlosti vibrací vývěvy měřící bod 1.

Po rozebrání vývěvy jsem zjistil zadírání rotoru, na jeho boční straně jsou vidět vydřené drážky Obr.4-34.



Obr.4-34 Přidřený rotor vývěvy.

Ve spektrech vibrací se neobjevují přímo poruchové frekvence ložisek, ale na Obr.4-35 je spektrum, které znázorňuje špatné mazání.



Obr.4-35 FFT spektrum zrychlení vibrací vývěva měřící bod 3.

Demontované ložisko ZKL NU/NJ206 z vývěvy jeví známky přehřátí, vnitřní kroužek je zamodralý Obr.4-36.

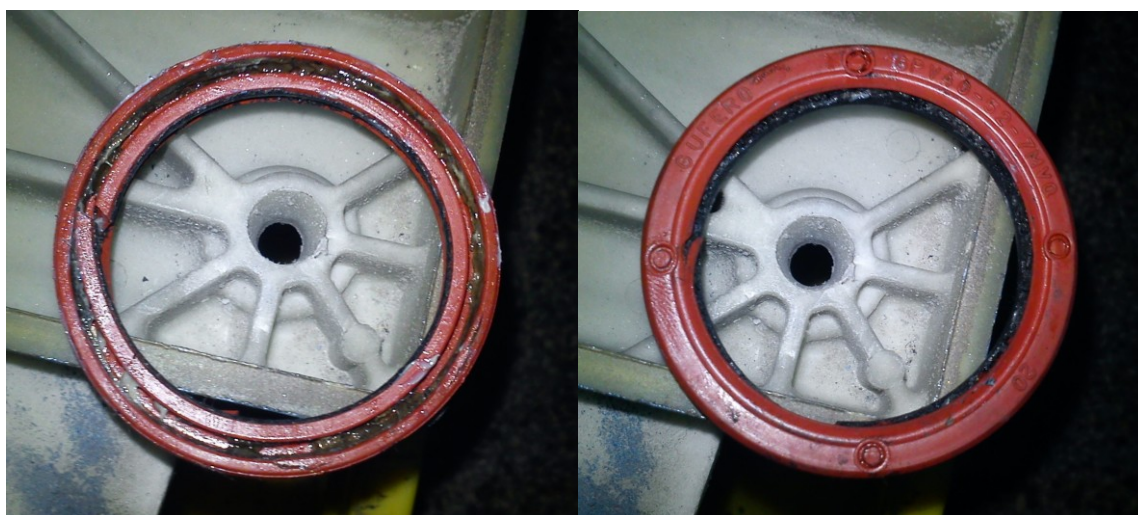


Obr.4-36 Vnitřní kroužek ložiska ZKL NU/NJ206.



Obr.4-37 Ložisko ZKL NU/NJ206.

Na hřídelovém těsnícím kroužku je vidět znečištěné mazivo.

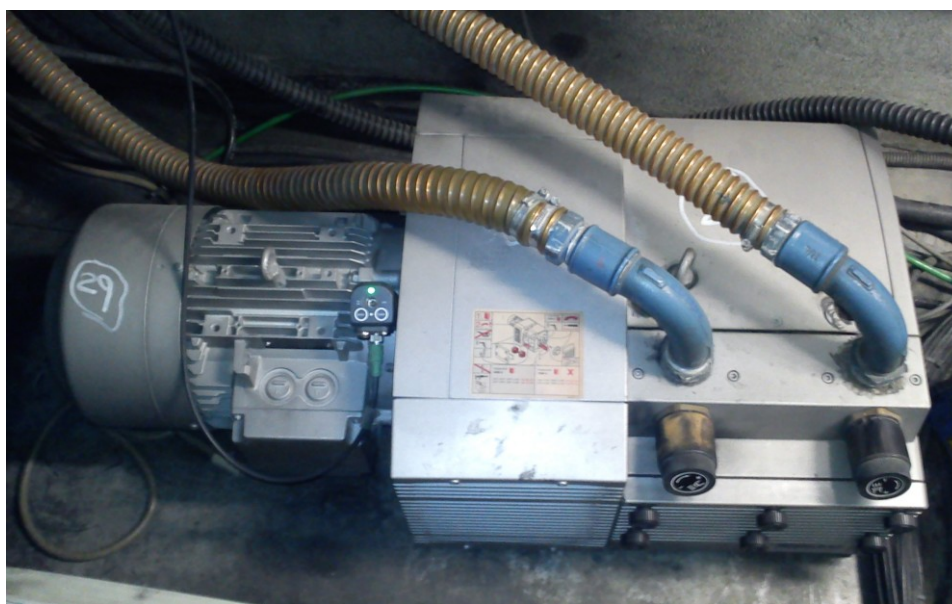


Obr.4-38 Hřídelový těsnící kroužek.

Ve spektrech vibrací jsem odhalil špatné mazání ložiska. Vývěva byla odstavena dříve, než došlo k jejímu výraznému poškození, proto ji lze opravit a vrátit zpět do provozu. Špatné mazání bylo způsobeno zanedbanou údržbou. Nekázeň při provádění údržby, hlavně při domazávání ložisek a čištění zařízení (prach a nečistoty se dostávají do ložisek), vedla k zhoršenému mazání a zahřívání ložiska. Vnitřní kroužek ložiska ZKL NU/NJ206 je zamodralý, což nasvědčuje dosažení teploty kolem 300°C. Údržba v tiskařském podniku používá pro domazávání ložisek mazivo AMBLYGON TA 15/2, toto mazivo je vhodné pro použití do 150°C, krátkodobě pro 170°C, bod skápnutí maziva je 220°C. Ložisko je naplněno mazivem, údržba po jeho přehřátí provedla domazání. Ve vývěvě bylo použito ložisko vhodné pro použití do 100°C. Doporučuji použití ložiska pro vyšší teploty.

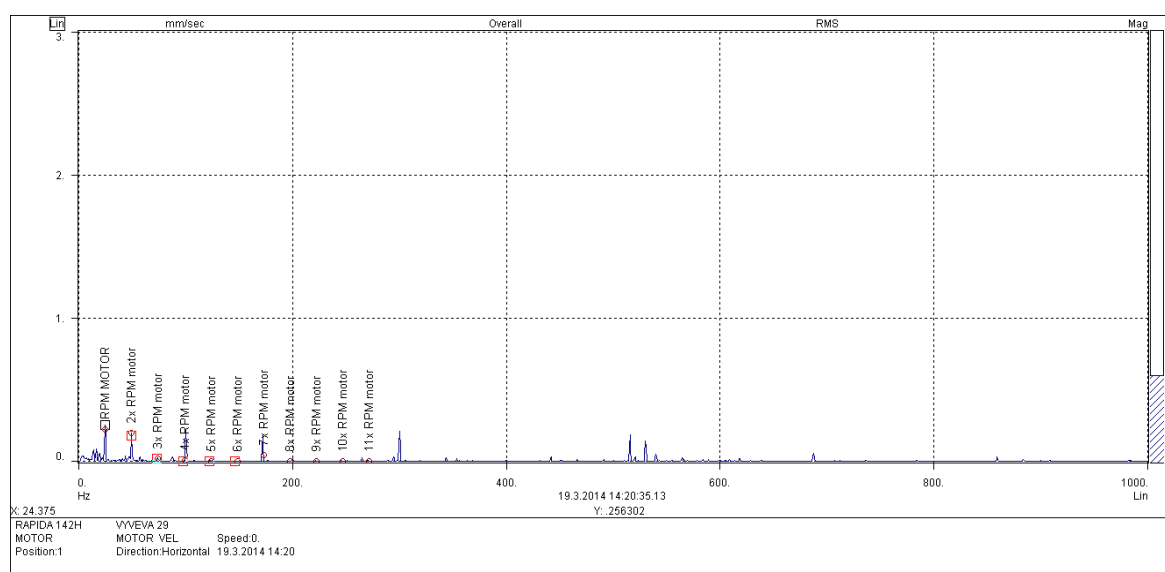
Všudypřítomný prach zhoršuje chlazení vývěvy a dostává se do zařízení, což vede k výraznému zkrácení životnosti zařízení. Doporučuji dodržovat správnou a pravidelnou údržbu těchto zařízení, hlavně dbát na čistotu.

Vývěva po jejím odstavení byla vyměněna za náhradní, na tuto vývěvu byl opět nainstalován on-line snímač.

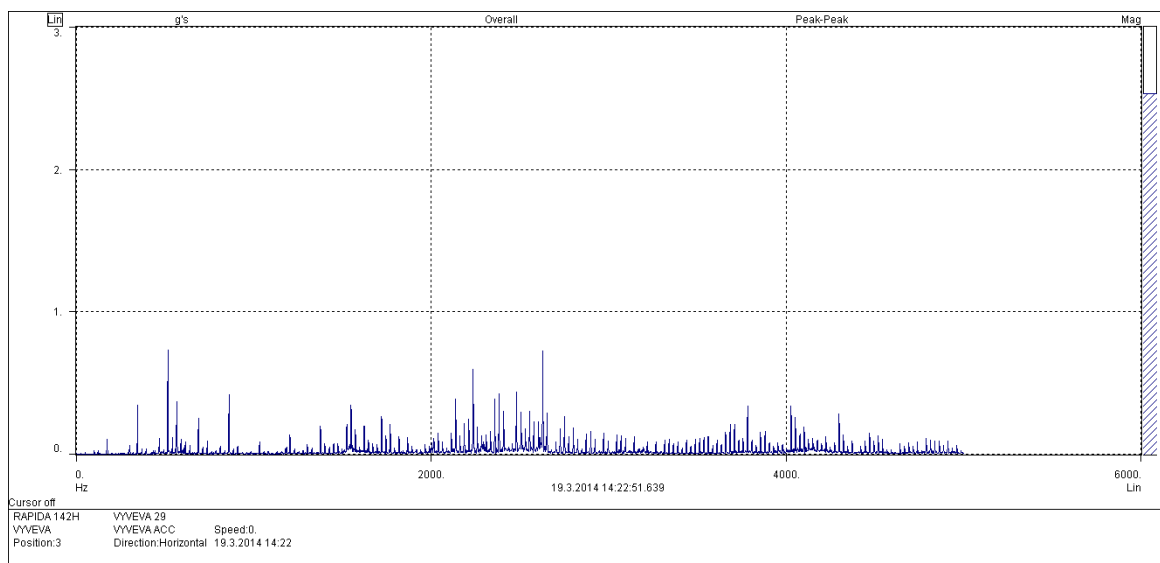


Obr.4-39 Náhradní vývěva s on-line snímačem.

Vibrace nově použité vývěvy jsou velmi malé, dle normy ČSN ISO 10816 odpovídají provoznímu stavu, proto není potřeba se jimi zabývat.

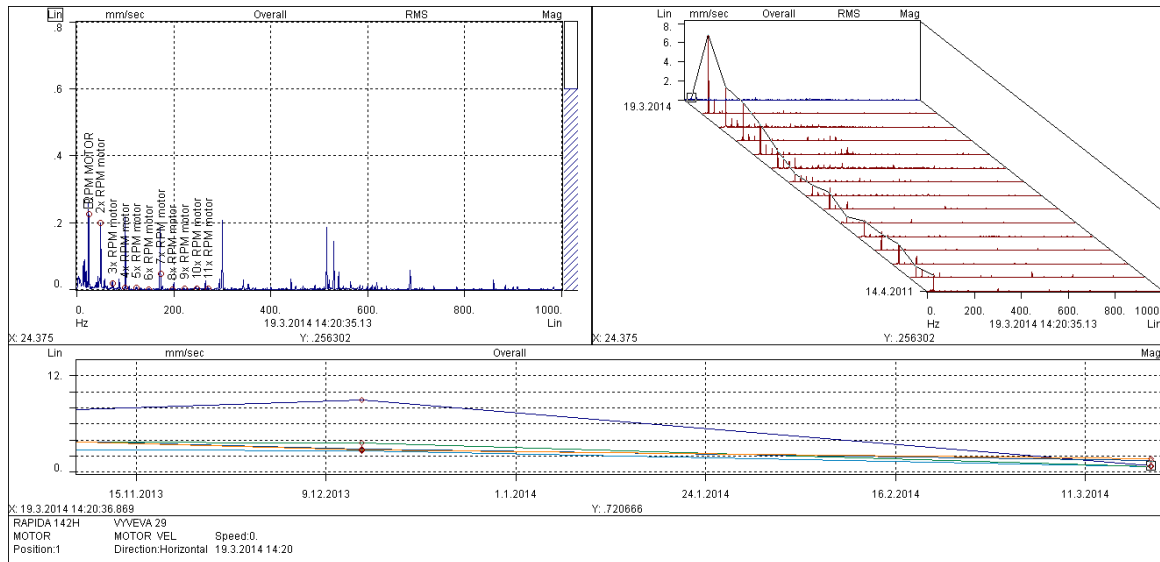


Obr.4-40 FFT spektrum rychlosti vibrací vývěva měřící bod 1.



Obr.4-41 FFT spektrum zrychlení vibrací vývěva měřící bod 3.

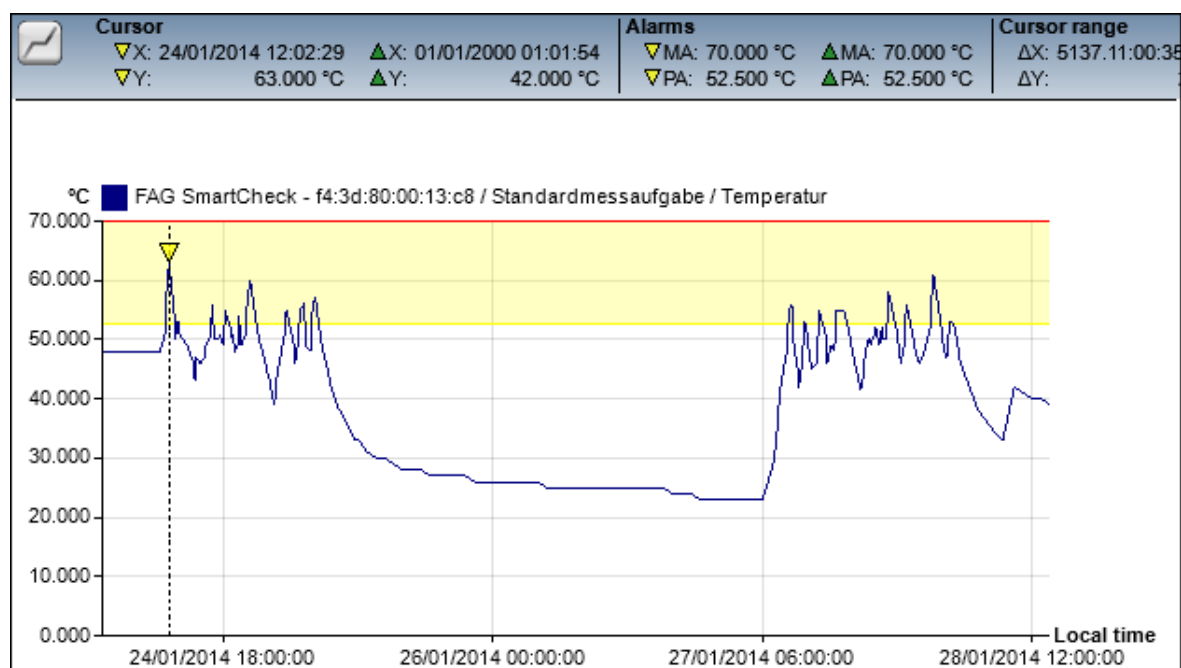
Na Obr.4-42 je v kaskádě vidět pokles vibrací nově nasazené vývěvy (modrá barva) oproti původní vývěvě (červená barva). Pokles vibrací je značný také v časovém trendu vibrací.



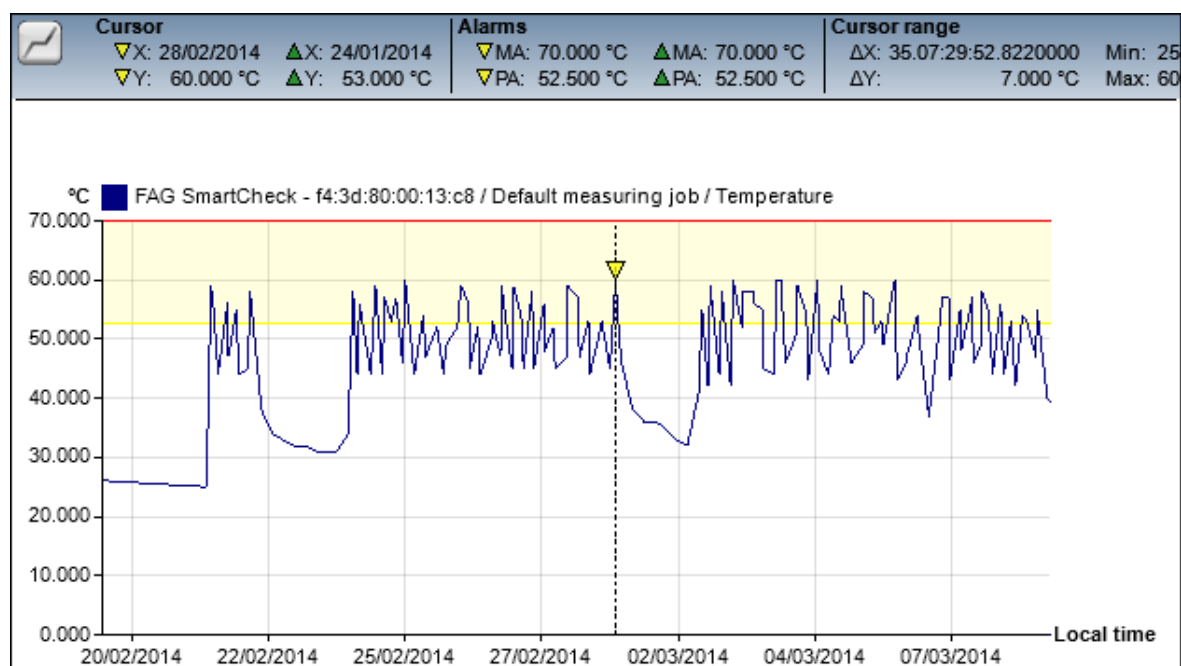
Obr.4-42 Frekvenční spektrum, kaskáda a trend hodnot FFT rychlosti vibrací vývěva měřící bod 1.

4.6 Měření teploty vývěvy č.29

On-line snímač nainstalovaný na tuto vývěvu umožňuje měřit teplotu. Dle výrobce vývěv by neměla teplota přesáhnout hranici 70°C. Nejvyšší naměřená teplota je 63°C pro původní vývěvu a 60°C pro náhradní vývěvu.



Obr.4-43 Trend teplot původní vývěva.



Obr.4-44 Trend teplot náhradní vývěva.

Snímač snímá teplotu z povrchu vývěvy, teplota uvnitř vývěvy se může oproti povrchové teplotě lišit. Snímač byl nainstalován do měřicího bodu 2 (elektromotor u spojky). Teplota v jiných místech vývěvy se může oproti tomuto místu rovněž lišit. Naměřené hodnoty teploty původní a náhradní vývěvy se nijak výrazně neliší (pokles nejvyšší naměřené teploty o 3°C). Z naměřených dat a stavu ložiska odstavené vývěvy usuzuji, že takto měřená teplota není vhodným diagnostickým parametrem pro kontrolu technického stavu vývěv.

5 Závěr

V této diplomové práci jsem se zabýval technickou diagnostikou lamelových suchých vývěv a dmychadel s bočním kanálem. V současné době je stav zařízení monitorován pomocí vibrační diagnostiky. Sběr dat je realizován pochůzkou, technik v určitých intervalech provede měření a vyhodnocení naměřených dat, pokud se zhorší stav zařízení, zkrátí se interval měření.

Výrobce vývěv udává jaká údržba a v jakých intervalech se má na zařízeních provádět. Od údržbářů jsem zjistil, že neprobíhá téměř žádná údržba těchto zařízení, pouze jednou měsíčně je na lamelových vývěvách provedeno domazání ložisek, ostatní údržbářské zásahy nejsou prováděny.

Přestože spektra vibrací detekovaly dlouhodobě setrvalý stav vibrací, docházelo k haváriím vývěv. Ve spektrech vibrací se nenacházely žádné výrazné vady ložisek, přesto mezi intervaly měření docházelo k haváriím, proto byl na jednu vývěvu nainstalován on-line monitorovací systém.

Z demontovaných vývěv jsem zjistil, že hlavní příčinou havárií je zanedbaná údržba. Prach a nečistoty se dostávají do zařízení, vniknou do ložisek a dojde k degradaci maziva a následnému zhoršenému mazání ložisek. Usazený prach v zařízení způsobuje také nevývahu a zhoršuje chlazení. Vývěvy jsou uloženy volně, některé jsou velmi blízko stěn a dokonce se navzájem dotýkají otvory pro nasávání chladicího vzduchu, což zhoršuje jejich chlazení. Všechny tyto aspekty výrazně zkracují životnost zařízení.

Zjistil jsem také, že v zařízeních jsou použita ložiska pro různé teplotní použití, doporučuji použití ložisek se zvýšeným teplotním rozsahem v celém zařízení.

Pro nápravu současného stavu doporučuji dbát na dodržování pravidelné údržby doporučené výrobcem zařízení.

V tiskařském podniku je velmi mnoho zařízení, u kterých se sleduje jejich stav pomocí vibrační diagnostiky prováděné pochůzkovým měřením. Domnívám se, že by bylo vhodné, na nejdůležitější zařízení v závodě nasadit on-line monitorování, které by zajistilo vyšší bezpečnost provozu těchto zařízení.


Použitá literatura



- [1] HELEBRANT, František a Jiří ZIEGLER. *Technická diagnostika a spolehlivost II: Vibrodiagnostika*. Ostrava.
- [2] BERRY, James E. . *Illustrated Vibration Diagnostics Chart*. Český překlad.: Technical associates of Charlotte, 2005
- [3] *Ofsetový tisk*. [online]. CVUT [cit. 2014-05-12]. Dostupné z: http://geo3.fsv.cvut.cz/vyuka/kapr/SP/2008_2009/gaudl_holmanova/typy.html
- [4] SEBEROVÁ, Adéla a Kateřina, TURKOVÁ. *Ofset*. [online]. CVUT [cit. 2014-05-12]. Dostupné z: <http://geo3.fsv.cvut.cz/vyuka/kapr/sp/2010/doubal/index.html>
- [5] KONEČNÝ, Gustav. *Dvakrát Rapida 142-6+L*. [online]. Svět tisku [cit. 2014-05-12]. Dostupné z: http://www.svettisku.cz/buxus/generate_page.php?page_id=2580
- [6] *Model Obaly*. [online]. MODEL [cit. 2014-05-12]. Dostupné z: <http://www.modelgroup.com/cs/about/locations/model-obaly-skl%C3%A1da%C4%8Dky>
- [7] *Unikátní konfigurace tiskového stroje KBA Rapida*. [cit. 2014-05-12]. [online]. Dostupné z: <http://www.polygrafia-fotografia.sk/13084>
- [8] *Rotary vane vacuum pumps, oil-free/Description*. [online]. BECKER [cit. 2014-05-12]. Dostupné z: <http://becker-international.com/46300/Rotary-vane-vacuum-pumps-oil-free.htm>
- [9] *Lamelové vývěvy*. [online]. IN-ECO [cit. 2014-05-12]. Dostupné z: <http://www.in-eco.sk/princip/lamelove-vyvevy/>
- [10] *Side channel vacuum pumps / Description*. [online]. BECKER [cit. 2014-05-12]. Dostupné z: <http://becker-international.com/53924/Side-channel-vacuum-pumps.htm>
- [11] *DVT 3.140 / Spare Part Lists*. [online]. BECKER [cit. 2014-05-12]. Dostupné z: <http://becker-international.com/index.php?id=22376&produkt=12618>
- [12] *Jednostupňová dmychadla / vývěvy*. [online]. IN-ECO [cit. 2014-05-12]. Dostupné z: http://www.in-eco.cz/dmychadla/s-postrannim-kanalem-inw/inw_jednostupnova/
- [13] *Dmychadla / vývěvy s bočními kanály -ESAM*. [online]. [cit. 2014-05-12]. Dostupné z: <http://www.nymburskyhk.cz/esam-dmychadla-vyvevy.html>
- [14] *G-SAP / Spare Part Lists*. [online]. Elmo Rietschle [cit. 2014-05-12]. Dostupné z: http://www.gd-elmoietschle.com/uploadedFiles/Elmo-Rietschle/Downloads/Content_G/ET/E545_SAP_ETvierspr.pdf

-
- [15] *Návod na instalaci a obsluhu / SAP*. [online]. Elmo Rietschle [cit. 2014-05-12]. Dostupné z: http://www.gd-elmoietschle.com/uploadedfiles/elmo-rietschle/downloads/content_g/manuals/610.44497.78.000_cs_2009-12.pdf
- [16] VDOLEČEK, František. *Spolehlivost a technická diagnostika* [online]. VUT Brno, 2002 [cit. 2014-05-12]. : Dostupné z: <http://autnt.fme.vutbr.cz/lab/a1-731a/FSD.pdf>
- [17] *Dynamix 2500 Data Collector*. [online]. Rockwell Automation [cit. 2014-05-12]. Dostupné z: http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pp/1441-pp001_-en-p.pdf
- [18] *Návod na uvedení vývěvy (kompresoru) do provozu a údržba*. [online]. MIVALT [cit. 2014-05-12]. Dostupné z: http://mivalt.data.quonia.cz/navody_cz/Navod_DRT_CZ.pdf
- [19] *Návod na obsluhu / DVT 3.140*. [online]. BECKER [cit. 2014-05-12]. Dostupné z: <http://becker-international.com/index.php?id=22376&produkt=12618>
- [20] *Vibrační diagnostika: Aplikační list*. [online]. ESOS Ostrava [cit. 2014-05-12]. Dostupné z: <http://www.vibrodiagnostika.cz/pdf/aplikacni-list-vibrodiagnostika.pdf>
- [21] *O společnosti*. [online]. ESOS Ostrava [cit. 2014-05-12]. Dostupné z: http://www.diagnostikastroju.cz/o_spolecnosti.php
- [22] BILOŠ, Jan a Alena BILOŠOVÁ. *Aplokový mechanik jako součást týmu konstruktérů a vývojářů: část Vibrační diagnostika*. Ostrava.
- [23] Podkladové materiály firmy ESOS Ostrava s.r.o.
- [24] Podkladové materiály BLATA, Jan

Příloha A

Číselný seznam dílů lamelové suché vývěvy DVT 3.140.

D INDEX	Pos.	Ident No.	Description	
DVT 3.140	■	549000 21300	GASKET SET ¹⁾	
	5	000100 21300	PUMP BODY	
	8	020002 21300	ROTOR	
	11	901334 00007	CARBON VANES (KIT)	
	13	000800 21300	LID, LEFT	
	14	000700 21300	LID, RIGHT	
	17	025512 21300	GASKET	
	18	001101 21300	BEARING COVER	
	19	001008 21300	BEARING COVER	
	20	025513 21300	GASKET	
	24	911305 00000	SEAL	
	25	917159 00000	COMPENSATING DISC	
	26	906544 00000	SHAFT-SEALING RING	
	27	906621 00000	BALL BEARING	
	28	906664 00000	BALL BEARING	
	31	511400 10400	SET DISTANCE DISC	
	38	016801 21300	CLAMPING DISC	
	39	949807 00000	SCREW	
	41	945224 00000	HEX-HEAD SCREW	
	42	945218 00000	HEX-HEAD SCREW	
	43	901804 00000	HEX-HEAD SCREW	
	45	948742 00000	STRAIGHT PIN	
	47	947736 00000	KEY	
	50	053201 21300	CONNECTION FLANGE	
	52	950308 00000	WASHER	
	53	945331 00000	SOCKET HEAD SCREW	
	56	544500 21300	COUPLING WITH FAN	
	57	949409 00000	WASHER	
	58	945270 00000	SHAFT END BOLD	
	61	040102 21300	FILTER HOUSING	
	62	025501 21300	GASKET	
	64	951009 00000	STUD	
	65	951003 00000	STUD	
	67	964407 00000	SILENCER TUBE	
	68	909507 00000	FILTER CARTRIDGE (2x) ²⁾	
	71	009000 27000	LEAF SPRING	
	72	948750 00000	BLIND RIVET	
	73	040204 21300	FILTER COVER	
	75	025518 21300	GASKET	
	76	025516 21100	GASKET	
	77	022802 21100	FILTER HOLDER	
	79	945321 00000	SOCKET HEAD SCREW	
	80	946971 00000	STUD	
	81	947504 00000	WASHER	
	82	947104 00000	HEX.NUT	
	83	952019 00000	LOCATING PEG	
	85	025514 21100	GASKET	
	86	025515 21100	GASKET	
	88	560203 21300	COOLER	
	91	909514 00000	FILTER CARTRIDGE (1x) ²⁾	
	93	903800 70000	STUD	
	94	947105 00000	HEX.NUT	
	95	949450 00000	WASHER	
	96	964446 00000	SILENCER TUBE	
	97	950304 00000	WASHER	
	98	945321 00000	SOCKET HEAD SCREW	
	103	068801 21300	DUST SEPARATOR COVER	
	104	025515 21300	GASKET	
	110	921500 50000	HANDLE	
	121	560204 21300	COOLER	

D INDEX	Pos.	Ident No.	Description	
	122	025508 21300	GASKET	
	123	068802 21300	PRESSURE CONNECTION BOX	
	125	025504 21300	GASKET	
	126	025514 21300	GASKET	
	131	948021 00000	SEALING RING	
	132	945374 00000	SOCKET HEAD SCREW	
	137	945322 00000	SOCKET HEAD SCREW	
	141	016604 21300	CONNECTING PIECE	
	146	025507 21300	GASKET	
	148	945364 00000	SOCKET HEAD SCREW	
	149	741310 30000	RUBBER BUFFER	
	161	918300 21300	COVERING HOOD	
	163	920800 21300	AIR GUIDE COVER RING	
	163	920801 21300	AIR GUIDE COVER RING (DVT3.140/0-68)	
	165	960700 21300	VENTILATOR HOOD	
	166	960701 21300	VENTILATOR HOOD	
	171	945371 00000	SOCKET HEAD SCREW	
	172	945372 00000	SOCKET HEAD SCREW	
	173	948808 00000	SCREW	
	174	951703 00000	SPRING DISC	
	176	741302 00000	RUBBER BUFFER	
	177	945634 00000	THREADED PIN	
	178	948802 00000	RING SCREW	
	182	014903 21300	FLANGE (B5-300)	
	184	951916 00000	RUBBER BUSHING	
	185	948772 00000	PIPE RIVET	
	186	947508 00000	WASHER	
	188	945335 00000	SOCKET HEAD SCREW	
	191	951022 00000	STUD	
	192	947506 00000	WASHER	
	193	947106 00000	HEX.NUT	
	198	902100 21900	COUPLING (MOT)	
	199	902210 00000	COUPLING DISC	
	241	012200 21300	OIL-PIPE	
	244	912300 00000	CONNECTING SCREW	
	245	009400 19000	HOLLOW HOLDING SCREW	
	247	948074 00000	SEALING RING	
	248	948021 00000	SEALING RING	
	250	949002 00000	GREASE NIPPLE	
	341	736000 99624	VACUUM REGULATION VALVE (-8,7 PSI)	
	345	728000 99622	PRESSURE REGULATION VALVE (+8,7 PSI)	
		743303 00000	GREASE, AMBLYGON TA15/2 (GREASE PRESS, 50g)	
				
¹⁾ Set of seals - 54900021300 - Pos.: 17, 20, 24, 62, 75, 76, 85, 86, 104, 122, 125, 126, 146 ²⁾ necessary order quantity / maintenance				

Příloha B

Číselný seznam dílů dmychadla s bočním kanálem SAP 380 (02).

	Verdichterteile	Compressor part	Eléments compresseur	Parti di compressore
1	Gebläsegehäuse	Blower housing	Corps turbine	Corpo soffiante
2	Laufrad' A	Impellor' A	Roue à aube' A	Girante' A
3	Laufrad' B	Impellor' B	Roue à aube' B	Girante' B
4 D	Wellendichtring	Shaft seal	Joint d'arbre	Anello di tenuta sull' albero
5	Motorwelle	Motor shaft	Arbre moteur	Albero motore
6	Lagerdeckel	Bearing cover	Couvercle palier	Coperchio cuscinetti
7 V	Rillenkugellager SAP 50 - 450 → 1 Teil SAP 530 (4 kW) → 2 Teile	Deep groove ball bearing SAP 50 - 450 → 1 part SAP 530 (4 kW) → 2 parts	Roulement aiguille SAP 50 - 450 → 1 élément SAP 530 (4 kW) → 2 éléments	Cuscinetto a sfera SAP 50 - 450 → 1 parte SAP 530 (4 kW) → 2 parti
8 V	Rillenkugellager	Deep groove ball bearing	Roulement aiguille	Cuscinetto a sfera
9 V	Ausgleichsscheibe	Tolerance shim	Rondelle de rappel	Anello elastico
10 V	Sicherungsring	Lock ring	Circlip	Anello di sicurezza
11	Distanzscheibe	Spacer shim	Rondelle entre-toise	Disco distanziatore
12	Passfeder	Key	Clavette	Chiavetta
15	Gebläsedeckel	Blower cover	Couvercle turbine	Coperchio soffiante
16	Fuß SAP 50 - 150 → 1 Teil SAP 180 - 530 → 2 Teile	Foot SAP 50 - 150 → 1 part SAP 180 - 530 → 2 parts	Socle SAP 50 - 150 → 1 élément SAP 180-530 → 2 éléments	Piedistallo SAP 50 - 150 → 1 parte SAP 180 - 530 → 2 parti
	<u>SAP 50 - SAP 220</u>			
13	Scheibe	Disc	Rondelle	Disco
14	Sechskantschraube Verbussripp	Hexagon head screw	Vis six pans	Vite con testa esagonale
	<u>SAP 300 - SAP 530</u>			
20	Scheibe	Disc	Rondelle	Disco
21	Federscheibe	Spring shim	Rondelle ressort	Disco a molla
22	Wellenmutter	Shaft nut	Ecrou d'arbre	Ghiera
	<u>SAP 180 - SAP 300</u>			
24	Transportlasche	Transport flap	Lalquette de transport	Golfare
	<u>SAP 380 - SAP 530</u>			
24	Ringschraube	Lifting eye	Anneau de levage	Golfare

		Schalldämpfer	Silencer	Silencieux	Silenziatore
30		Schalldämpfergehäuse	Silencer housing	Carter silencieux	Carcassa silenziatore
31		Schalldämpfereinsatz 'Saugseite	Silencer insert 'Vacuum side	Elément silencieux 'Côté aspiration	Elemento silenziatore 'Lato aspirazione
32		Schalldämpfereinsatz 'Druckseite	Silencer insert 'Pressure side	Elément silencieux 'Côté surpression	Elemento silenziatore 'Lato pressione
34		Siebscheibe	Mesh disc	Disque crêpine	Disco reticella
35		Anschlussplatte	Connection plate	Plaque raccordement	Piastra di collegamento
		Antrieb	Drive	Entrainement	Azionamento
50		Motorgehäuse komplett	Motor housing complete	Enveloppe et stator	Carcassa motore completa
51		Motorgehäuse (Einzelteil)	Motor housing (single part)	Enveloppe stator	Carcassa motore (singola)
52		Stator	Stator	Stator	Statore
53		Ventilator mit Klemmring	Fan with clamping ring	Ventilateur avec bague de serrage	Ventilatore con anello di serraggio
54		Lüfterhaube	Fan cover	Capot ventilateur	Cofano del ventilatore
56	D	Wellendichtring	Shaft seal	Joint d'arbre	Anello di tenuta sull' albero
		Schilder	Labels	Plaques signalétiques	Targhette
70		Datenschild	Data plate	Etiquette caractéristique	Targhetta dati
71		Pfeilschild	Direction arrow	Sens de rotation	Freccia senso di rotazione